

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Záznamník provozních veličin výrobní linky
Datalogger of internal signals of production line

Zadání bakalářské práce

Student: **Roman Kulštejn**

Studijní program: B2649 Elektrotechnika

Studijní obor: 2612R041 Řídicí a informační systémy

Téma: **Záznamník provozních veličin výrobní linky**
Datalogger of Internal Signals of Production Line

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Průmyslová výrobní linka je řízena PLC. PLC získává informace o stavu linky z řady senzorů. V případě chybného chování je často velice obtížné rekonstruovat stav signálů, který vedl k selhání řízení. Úkolem práce je návrh a implementace záznamníku stavových informací získaných z paměti PLC. Aplikace bude implementována v LabVIEW, přes OPC server bude vyčítat stav veličin a ukládat je ve vhodném formátu k offline zpracování. Součástí práce je i offline prohlížečka dat.

Body zadání:

1. Seznámení se s vývojovým prostředím LabVIEW a přístupem k OPC serveru v LabVIEW.
2. Seznámení se s charakterem provozních veličin výrobní linky, které budou monitorovány (datové typy a rychlost změn veličin).
4. Návrh koncepce záznamníku a prohlížečky provozních veličin, následně implementace.
5. Ověření funkčnosti aplikace a zhodnocení použité technologie.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] VLACH, Jaroslav, Josef HAVLÍČEK a Martin VLACH. *Začínáme s LabVIEW*. 1. vyd. Ilustrace Viktorie Vlachová. Praha: BEN - technická literatura, 2008, 247 s. ISBN 978-80-7300-245-9.
- [2] BITTER, Rick, Taqi MOHIUDDIN a Matt NAWROCKI. *LabView advanced programming techniques*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, c2007, 499 s. ISBN 08-493-3325-3.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Petr Bilík, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2015

Datum odevzdání: 29.04.2016



doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta:

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě dne

16.4.2016

Roman Kulštejn

Kulštejn Roman

Poděkování:

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce doc. Ing. Petru Bilíkovi, Ph.D. za cenné rady a pomoc při zpracovávání této bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat mé rodině za oporu a zázemí.

Abstrakt

Práce se zabývá návrhem a realizací aplikace pro záznam a prohlížení provozních stavů transportní válečkové linky, která je řízena čtyřmi PLC. Propojením všech PLC a PC pomocí ethernetu a použitím OPC serveru je možné sledovat téměř vše, co se děje v PLC, potažmo na celé transportní lince.

Aplikace je primárně určena pro pomoc údržbě při hledání poruch, ale možnost využití je mnohem širší a to od odladování změn v programu z důvodu flexibilního přizpůsobování požadavkům našich zákazníků až po sledování toku výroby.

Aplikace je vytvořena v grafickém programovacím jazyku, programovacím prostředím LabVIEW a to tak, aby jejich obsluha byla jednoduchá a intuitivní, aby cesta od spuštění až po nalezení požadované informace byla velice krátká.

Klíčová slova

Datalogger, LabVIEW, OPC, PLC, záznamník, prohlížečka

Abstract

The thesis deals with design and implementation of applications for recording and viewing operational states a roller transport line which is controlled by four PLCs. PLCs and PC are connecting by Ethernet and is possible to use the OPC server to monitor almost everything what is happening in the PLC or on the whole transport line.

The application is primarily prepared to help maintenance to search breakdowns but utilization is much bigger. From debugging program changes due to the flexible adaptation of our customers requirements to monitor the production flow.

Application is created in the graphical programming language LabVIEW and usage should be simple and intuitive. Target is to have very short time to find the desired information.

Key words

Datalogger, LabVIEW, OPC, PLC, recorder, viewer

Obsah

Obsah.....	7
Seznam použitých symbolů a zkratk	9
Seznam ilustrací.....	10
Úvod	12
1 Vývojové prostředí LabVIEW a propojení s OPC serverem.....	13
1.1 Programovací prostředí LabVIEW	13
1.2 OPC server.....	14
2 Propojení PLC a LabVIEW	15
2.1 Spojení PLC – OPC	15
2.1.1 Nastavení komunikačního kanálu	16
2.1.2 Nastavení zařízení.....	16
2.1.3 Nastavení čtených proměnných	16
2.1.4 Import proměnných ze souboru	17
2.1.5 Ověření spojení OPC serveru a PLC	18
2.2 Spojení OPC – LabVIEW	19
2.2.1 Nastavení OPC serveru v LabVIEW	19
2.2.2 Výběr proměnných.....	20
2.2.3 Import proměnných ze souboru	20
2.3 Test spojení mezi PLC a LabVIEW.....	20
3 Návrh koncepce záznamníku a prohlížečky	22
3.1 Požadavky na aplikace.....	22
3.2 Aplikace „Záznamník“	23
3.2.1 Aplikace „Záznamník“ - společné prvky	25
3.2.2 Aplikace „Záznamník“ - okno definice množiny signálů.....	25
3.2.3 Aplikace „Záznamník“ - okno on-line vizualizace.....	27
3.2.4 Volba vzorkování a velikost záznamu	28
3.3 Aplikace „Prohlížečka“.....	29

3.3.1	Aplikace „Prohlížečka“ - společné prvky	30
3.3.1	Aplikace „Prohlížečka“ - okno definice množiny signálů a okno prohlížení ..	31
4	Popis základních částí programu	32
4.1	Globální proměnné	32
4.2	Záznam a uložení do souboru	33
4.2.1	Vytvoření souboru	33
4.2.2	Zápis časového razítka	33
4.2.3	Zápis digitálních signálů	34
4.2.4	Zápis analogových signálů	34
4.3	Výčet průběhů signálů ze souboru a vykreslení do grafu	35
4.3.1	Vykreslení analogových signálů do grafu	35
4.3.1	Vykreslení digitálních signálů do grafu	36
4.3.2	Zobrazovací grafy	37
4.3.3	Kurzory	38
4.4	Definice množiny signálů pro zobrazení a jejich popis	39
4.4.1	Zápis signálů do tabulky pro výběr	39
4.4.2	Výběr osmi signálů pro vykreslení průběhu	41
4.4.3	Zobrazení popisu vybraných signálů	42
5	Nasazení a ověření funkčnosti	43
5.1	Praktická nasazení a ověření v praxi	43
5.2	On-line vizualizace	44
	Závěr	45
	Seznam použité a studované literatury	46
	Přílohy	47

Seznam použitých symbolů a zkratek

1D pole	Jednorozměrné pole
2D pole	Dvourozměrné pole
3D pole	Trojrozměrné pole
LabVIEW	Programovací prostředí (Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench)
MCL	Tabulka s výběrem celého řádku (Multicolumn Listbox)
OP	Operátorský panel
OPC	OLE for Proces Control
PC	Osobní počítač (Personal Computer)
PLC	Programovatelný logický automat (Programmable Logic Controller)
SubVI	Podprogram VI (Virtual Instrument)
VI	Virtuální přístroj (Virtual Instrument)

Seznam ilustrací

Obr. 1 Struktura jednoduché aplikace	13
Obr. 2 Příklady zapojení komunikačních struktur [5]	14
Obr. 3 OPC server od National Instruments	15
Obr. 4 Obrazovka nastavení proměnné	17
Obr. 5 Srovnání SubVI - generování tagů pro OPC server (A) a pro aplikace LabVIEW (B)	17
Obr. 6 Aplikace „Generátor definice OPC tagů“	18
Obr. 7 OPC Quick Client	18
Obr. 8 Vytvoření spojení na OPC	19
Obr. 9 Volba OPC serveru	19
Obr. 10 Výběr proměnných z OPC serveru.	20
Obr. 11 Aplikace „Test spojení“ pro ověření komunikace	21
Obr. 12 Knihovna sdílených proměnných a blokový diagram SubVI s 32 signály typu bool	21
Obr. 13 Aplikace „Záznamník“, okno definice množiny signálů	23
Obr. 14 Aplikace „Záznamník“, okno on-line vizualizace.....	23
Obr. 15 Vývojový diagram aplikace „Záznamník“	24
Obr. 16 Statická část záznamové aplikace (výřez z Obr. 13 – část A).....	25
Obr. 17 Hlavičkový řádek seznamu signálů (výřez z Obr. 13 – část B)	26
Obr. 18 Naznačení uspořádání částí pro výběr (výřez z Obr. 13 – část D)	26
Obr. 19 Ukázka dvou možností popisu signálů (výřez z Obr. 13 – část D)	26
Obr. 20 Přepínání automatického rozsahu svislé osy	27
Obr. 21 Ovládání kurzorů a posun zobrazovacího okna (výřez z Obr. 14 – část B).....	27
Obr. 22 Vývojový diagram aplikace „Prohlížečka“	29
Obr. 23 Aplikace „Prohlížečka“, okno definice množiny signálů.....	30
Obr. 24 Statická část aplikace „Záznamník“ (výřez z Obr. 23 – část B)	30
Obr. 25 Aplikace „Prohlížečka“, okno pro prohlížení signálů	31
Obr. 26 Výřez programu pro řízení oken	32
Obr. 27 Načtení a uložení globálních proměnných	32
Obr. 28 Záznam signálů a uložení do souboru	33
Obr. 29 Ukládání digitálních signálů	34
Obr. 30 Ukládání analogových signálů	34
Obr. 31 Výčet průběhů signálů ze souboru	35
Obr. 32 Vykreslení analogových průběhů.....	35

Obr. 33 Výběr hodnot pro 8 digitálních signálů.....	36
Obr. 34 Výřez grafu digitálních hodnot (z Obr. 25 – část B).....	36
Obr. 35 Práce s časovou osou obou grafů	37
Obr. 36 Podprogram pro obsluhu digitálního kurzoru	38
Obr. 37 SubVI „Array Sort“	39
Obr. 38 Výřez z aplikace a zdrojového kódu (výřez ovl. panelu z Obr. 13 – část B).....	40
Obr. 39 SubVI „Array Final“	40
Obr. 40 SubVI zjištění čísla signálu s výřezy panelu aplikace (výřezy z Obr. 13 – část D).....	41
Obr. 41 Popis vybraných signálů (výřez ovl. panelů z Obr. 13 – část D).....	42
Obr. 42 Složení názvu signálu.....	42
Obr. 43 Výřez prohlížečky při poruchovém stavu	43
Obr. 44 Současné zobrazení aplikace na PC a tabletu	44
Obr. 45 Zobrazení aplikace na mobilním telefonu s použitím přiblížení.....	44

Úvod

Pro usnadnění hledání a odstraňování poruch na komplikované dopravní lince, která se rozprostírá po celé výrobní hale, bylo zapotřebí komplexního monitorovacího nástroje. Po transportní lince jsou přepravovány keramické výrobky o váze cca 100 kg a při jejich náhodilé srážce dochází ke zničení výrobku, což je dosti velká finanční ztráta. Provozovatelem je kladen velký důraz na to, aby na lince byly minimální prostroje způsobené poruchou zařízení.

V době poruchy jsou pracovníci údržby pod velkým tlakem, protože jejich zásah musí být rychlý a porucha se nesmí opakovat. V případech, kdy se porucha objeví jen náhodile, je velice těžké identifikovat zdroj, který ji způsobuje. Není možné neustále fyzicky monitorovat problematickou část linky a čekat na výskyt poruchy, aby se odhalil její zdroj. Právě pro tento případ slouží záznamník a prohlížečka stavů všech vstupů a výstupů z PLC, které řídí a monitorují celou linku. Záznam je prováděn aplikací „Záznamník“, která neustále nahrává data ze všech PLC. Jedná se celkem o 928 digitálních signálů a 12 analogových signálů. Možnost zpětně prozkoumat v aplikaci „Prohlížečka“, co se na lince dělo v době poruchy, značně zvyšuje pravděpodobnost nalezení zdroje poruchy a její odstranění.

Záznamník a prohlížečka jsou vytvořeny v grafickém programovacím prostředí LabVIEW, kde se program netvoří textově, ale je definován graficky. Toto vývojové prostředí je velice přívětivé pro technicky zaměřené uživatele, kteří jsou schopni díky znalosti řešené problematiky vytvořit aplikace intuitivně, aniž by měli zkušenosti s klasickým programováním v textovém kódu. PC komunikuje s PLC pomocí protokolu OPC (OLE for Proces Control) díky propojení rozhraním Ethernet.

Při tvorbě aplikací byl kladen důraz na jednoduché a intuitivní ovládání. Signály z linky lze filtrovat podle různých kritérií tak, aby bylo možné hledaný signál najít bez používání technické dokumentace.

Podnik, ve kterém budu práci zpracovávat, patří k nadnárodní skupině, vyrábějící žáruvzdorné výrobky pro průmyslové použití. Podnik si nepřeje zveřejňovat název, proto v celé práci bude uváděn obecný název – výrobní závod.

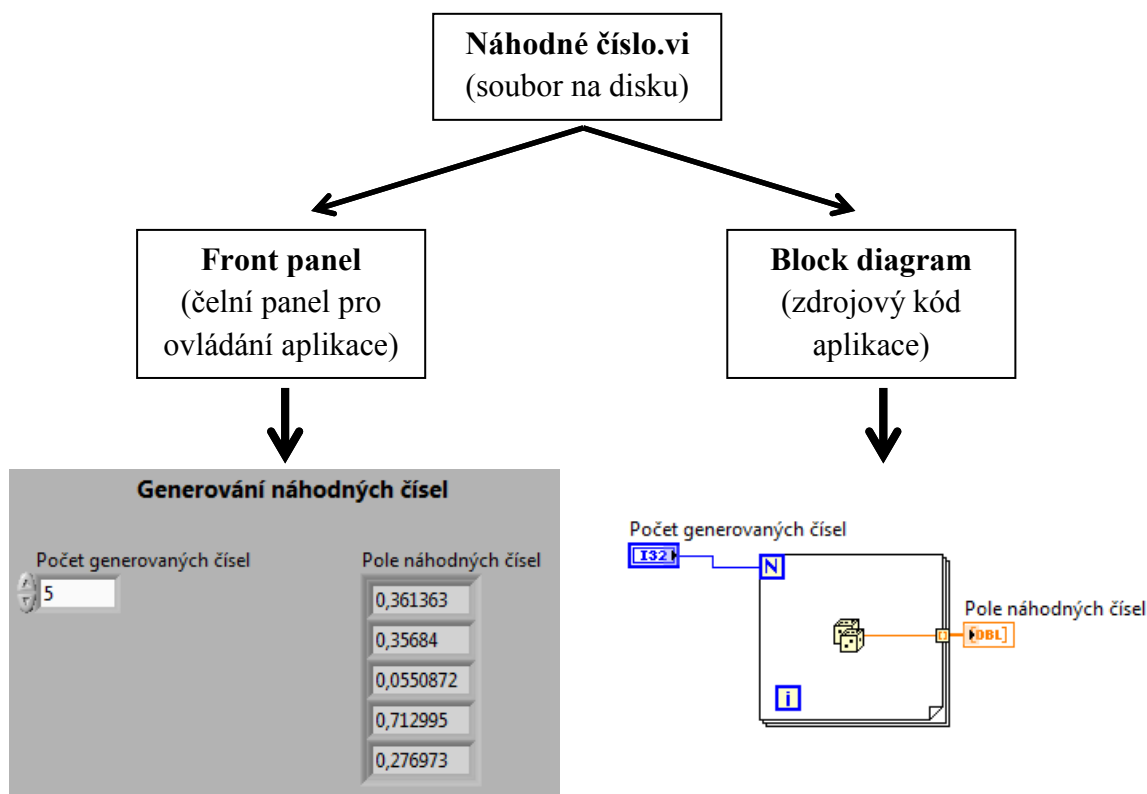
1 Vývojové prostředí LabVIEW a propojení s OPC serverem

1.1 Programovací prostředí LabVIEW

LabVIEW (z ang. Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench) v překladu „laboratorní pracoviště virtuálních přístrojů“, je programovací prostředí vytvořené americkou firmou National Instruments. [1], [2], [3]

Programování v tomto prostředí není orientováno textově, ale graficky, někdy je nazývané G-jazyk (Graphical language). Samotný program se tedy nepíše, ale vytváří z grafických objektů a po odladění se vytváří samostatně spustitelná EXE aplikace. Způsob tvorby programu velice zjednodušuje práci technicky zaměřeným lidem, kteří nemají zkušenosti s klasickým textově orientovaným programováním. K dispozici jsou rozsáhlé knihovny a to od jednoduchých funkcí až po komplikované podprogramy. [1], [2], [3]

Výsledný produkt tohoto prostředí se nazývá virtuální instrument, zkráceně VI, což je základní entitou aplikace. Každé VI se skládá ze dvou oken: čelního panelu (Front panel) a blokového diagramu, viz *Obr. 1*. Front panel tvoří uživatelské rozhraní aplikace. Přes čelní panel (vizualizace aplikace), který obsahuje prvky pro ovládání a indikaci (spínače, LED indikátory grafy ...), řídíme běh aplikace. V blokovém diagramu je zdrojový kód aplikace. [1], [2], [3]

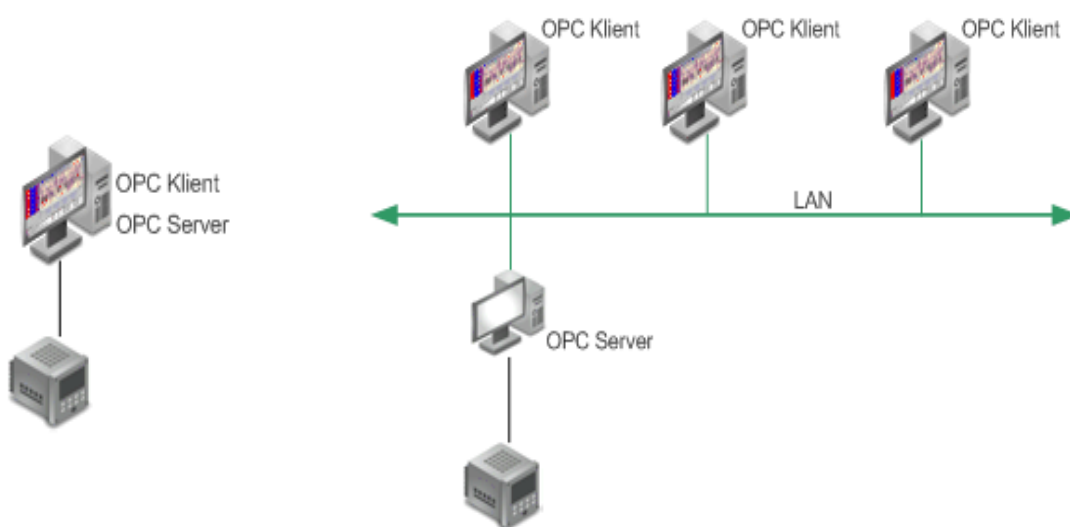


Obr. 1 Struktura jednoduché aplikace

1.2 OPC server

OPC (OLE for Proces Control) je standardizovaný komunikační protokol, který byl definován neziskovou organizací OPC Foundation. Existuje více než 4.200 dodavatelů, kteří již vytvořili více než 35.000 OPC produktů. [4]

OPC vytváří jednotné komunikační rozhraní mezi hardwarem a softwarem v průmyslové automatizaci. Komunikace je založena na architektuře Klient – Server. Server je aplikace pro čtení a zápis dat z připojených zařízení (např. PLC) a získaná data převádí do formátu OPC, která předává jiným aplikacím (Klientům). OPC klient může zpracovávat data z více OPC serverů a stejně tak může OPC server komunikovat s více OPC klienty najednou. [5]



Obr. 2 Příklady zapojení komunikačních struktur [5]

V české republice patří k nejvýznamnějším dodavatelům OPC serverů firma Foxon, která dodává OPC servery Kepware. Výhodou těchto OPC serverů je, že mohou běžet ve free režimu po dobu dvou hodin bez jakéhokoliv dalšího omezení. Po uplynutí dvou hodin je potřeba restartovat PC a free režim běží znovu. Licence se vždy pořizuje dle výrobce PLC, se kterým je OPC server propojen. Pokud je nutné připojení dalšího PLC jiného výrobce, lze kdykoliv dokoupit licenci pro tento typ PLC. Cena licence např. pro všechny PLC Siemens SIMATIC je 30.000 Kč.

Druhou možnost představuje OPC server od firmy National Instruments, která dodává OPC server s licencí pro všechny podporované výrobce a typy PLC za cenu cca 110.000 Kč.

Oba tyto typy OPC serverů jsou naprosto rovnocenné a uživatelské prostředí je velice podobné. Záleží pouze na uživateli, který typ OPC serveru zvolí.

2 Propojení PLC a LabVIEW

V této práci je použit OPC server od NI, což ale není podmínkou. OPC server je samostatně nainstalovaný program běžící na PC a může být i od jiného výrobce, např.: KEP Server EX od Kepware Technology. Celá komunikace mezi PLC a aplikací v LabVIEW je rozdělená na dvě části:

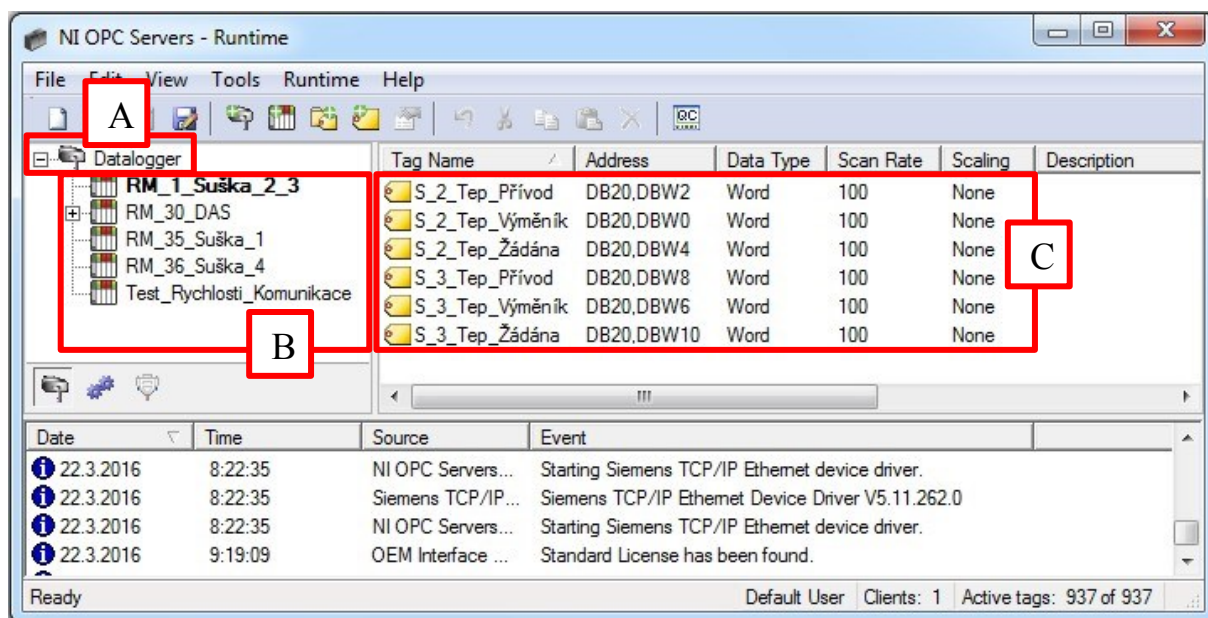
1. Mezi PLC a OPC
2. Mezi OPC a aplikací v LabVIEW

2.1 Spojení PLC – OPC

Všechny propojené PLC jsou vybaveny kartou s rozhraním Ethernet, z které je vždy vyveden kabel do switche. Ze switche je dále připojeno přes síťovou kartu PC, které komunikuje s těmito PLC.

Samotné nastavení v OPC severu je rozděleno na tři části:

1. Komunikační kanál, viz *Obr. 3 – část A*
2. Specifikace připojeného PLC, viz *Obr. 3 – část B*
3. Definování snímaných veličin, viz *Obr. 3 – část C*



Obr. 3 OPC server od National Instruments

2.1.1 Nastavení komunikačního kanálu

Při nastavování OPC je potřeba nejprve vytvořit komunikační kanál s definovaným připojením PLC. Nastavení se provádí v pěti krocích:

1. **Nastavení jména kanálu** - pod tímto jménem se bude zobrazovat kanál v OPC serveru
2. **Druh komunikační cesty** – jedná se o tzv.: drivery. Lze vybírat z většiny světových výrobců PLC a různých druhů připojení. Protože jsou použity vždy PLC S7-300, je vždy vybráno: Siemens TCP/IP Ethernet
3. **Výběr síťové karty** - pokud je v PC jen jedna karta, lze ponechat volbu Default
4. **Optimalizace zápisu** – nejlepší volbou je ponechat: „Zapiš pouze poslední hodnotu“
5. **Volba zápisu desetinné čárky** – opět je nejlepší ponechat přednastavené

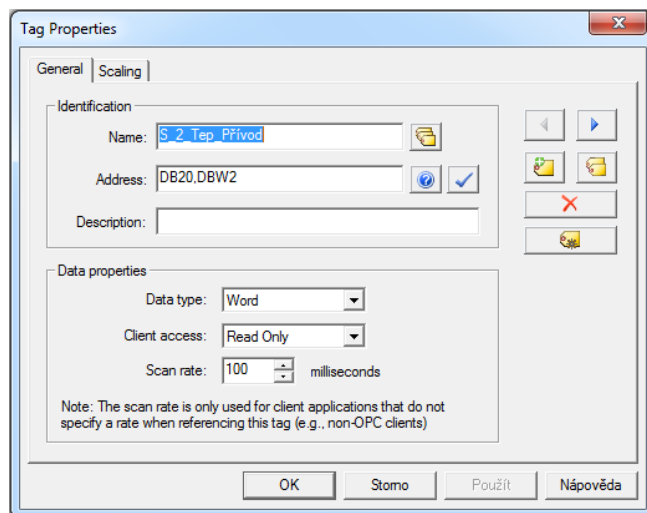
2.1.2 Nastavení zařízení

Nastavení vlastností PLC, se kterým je potřeba komunikovat. Datalogger komunikuje se čtyřmi PLC typ Siemens Simatic S7-300. Samotné nastavení se provádí v devíti krocích:

1. **Nastavení jména kanálu** - pod tímto jménem se bude zobrazovat PLC v OPC serveru
2. **Model PLC** – pro všechny použité PLC je zvoleno: S7-300
3. **IP adresa** - jedinečná adresa každého PLC (např: 192.168.1.41)
4. **Skenovací mód** – volba vzorkovací frekvence, je ponecháno respektovat frekvenci zadanou u proměnné
5. **Timing** – nastavení časů pro případ ztráty komunikace, ponechané přednastavené hodnoty
6. **Auto-Demotion** - opět je nejlepší ponechat přednastavené
7. **Komunikační parametry** – číslo portu PLC (pro S7-300 přednastaveno na 102)
8. **S7 Komunikační parametry** – lze volit mezi zobrazením na PC nebo OP (operátorský panel)
9. **Adresové nastavení** – standartně: Big Endian S7

2.1.3 Nastavení čtených proměnných

Po nastavení komunikačních kanálů a zařízení (PLC) je nutné ještě nastavit jednotlivé čtené proměnné (tzv. tagy). Pro vstupy a výstupy PLC stačí uvést pouze adresu (např.: I0.0), ale pro vnitřní proměnné programu PLC je nutné uvést i blok, kde se tato proměnná nachází (např.: DB20,DBW2).



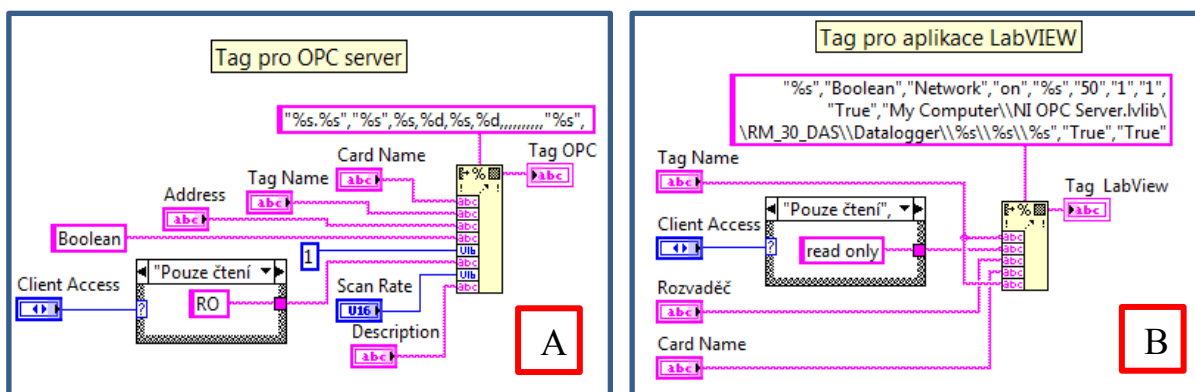
Obr. 4 Obrazovka nastavení proměnné

Na Obr. 4 je vidět samotné nastavení proměnné, kde je nutné zadat název a adresu proměnné, datový typ je doplněn automaticky. Důležitým prvkem nastavení je: Client access, kde je možné nastavit čtení z PLC nebo čtení i zápis do PLC. V této aplikaci je vždy nastaveno pouze čtení z PLC, aby přepsáním některé proměnné v PLC nedošlo k ovlivnění chodu programu v PLC a tím i chování celé transportní linky. Nastavení „Scan rate“ určuje vzorkovací periodu z PLC.

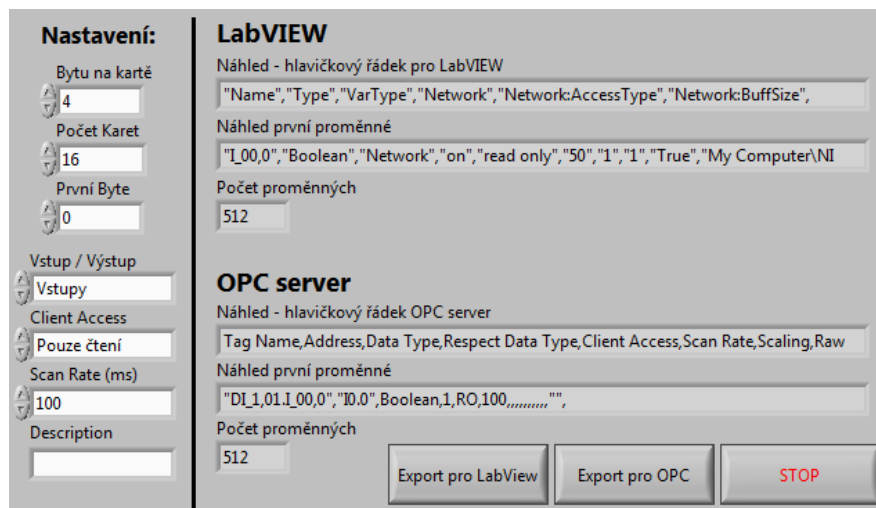
2.1.4 Import proměnných ze souboru

Protože je monitorováno 928 digitálních signálů a nastavení pro OPC server by bylo značně zdoluhavé, vytvořil jsem aplikaci „Generátor definice OPC tagů“, která generuje textový soubor s popisem a požadovanými parametry pro snímané signály, který se naimportuje do OPC serveru. SubVI generující tagy pro OPC server je na Obr. 5 (A).

Druhou funkcí aplikace je generování textového souboru pro program LabVIEW, kde je nutné také nastavit komunikaci s OPC serverem pro všech 928 signálů. SubVI generující tagy pro aplikaci LabVIEW je na Obr. 5 (B). Náhled aplikace „Generátor tagů“ je na Obr. 6.



Obr. 5 Srovnání SubVI - generování tagů pro OPC server (A) a pro aplikace LabVIEW (B)

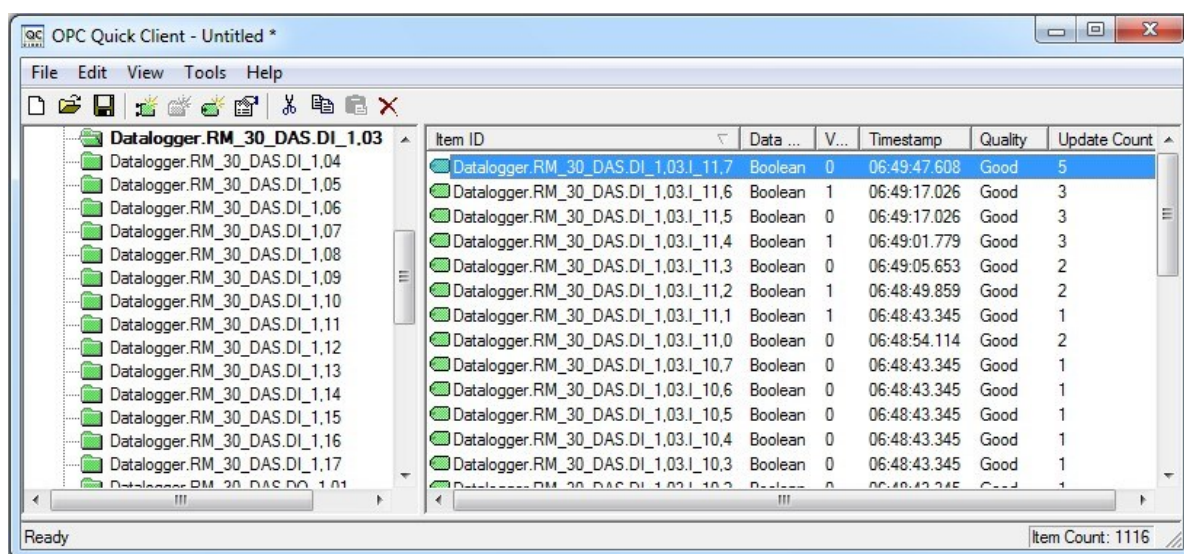


Obr. 6 Aplikace „Generátor definice OPC tagů“

2.1.5 Ověření spojení OPC serveru a PLC

Součástí některých OPC serverů (otestováno na OPC od NI a KEP Server EX) je aplikace OPC Quick Client. Tato aplikace uživatelsky velice jednoduše ověří okamžité spojení PC a PLC. Je nakonfigurována tak, že se spojí přes OPC server s PLC a zobrazí stav všech proměnných nastavených v OPC serveru. U každé proměnné, která je správně čtená z PLC, se zobrazí datový typ, hodnota, čas poslední změny, kvalita komunikace a počet změn hodnoty od zapnutí aplikace. Pokud se OPC s PLC nespojí, signalizuje špatné spojení a neznámou hodnotu.

Tímto způsobem lze velice rychle a jednoduše ověřit nastavení OPC a celou komunikaci s PLC, viz Obr. 7.

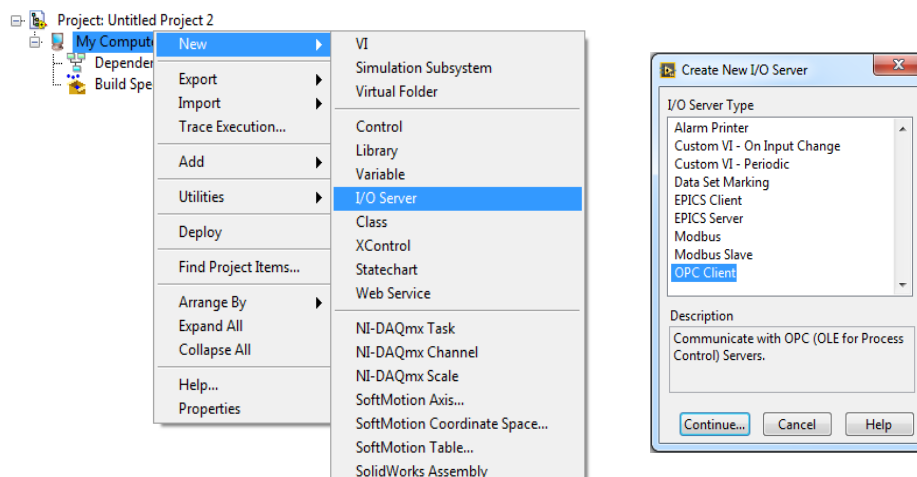


Obr. 7 OPC Quick Client

2.2 Spojení OPC – LabVIEW

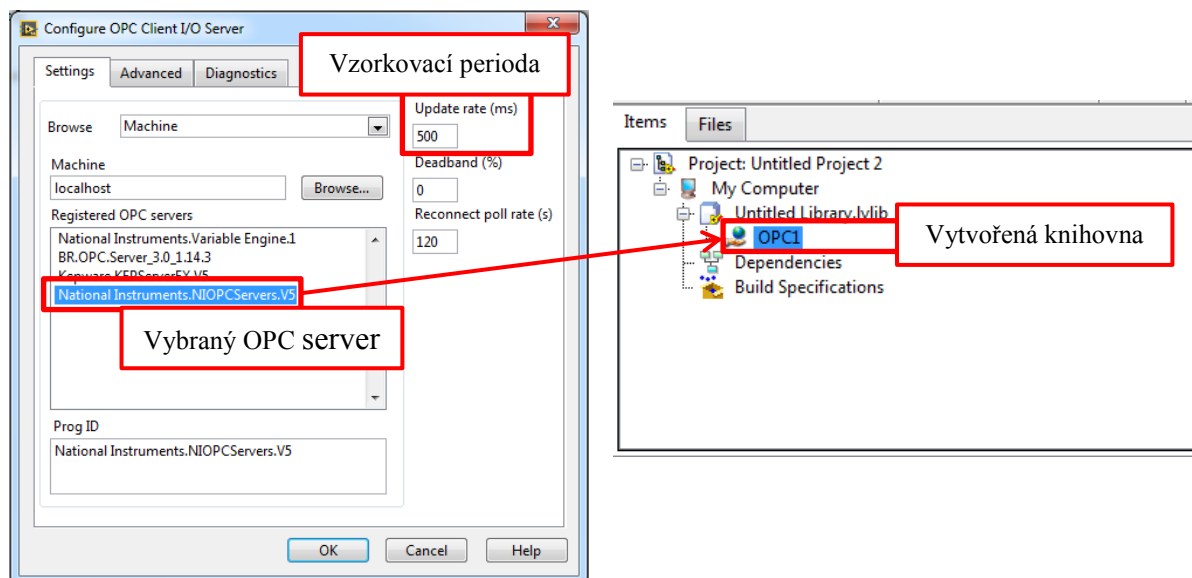
2.2.1 Nastavení OPC serveru v LabVIEW

Spojení na OPC server se vytvoří tak, že v daném projektu LabVIEW se musí kliknout pravým tlačítkem myši na My Computer, z nabídky se musí vybrat → **New**, z další nabídky → **I/O Server** a dále → **OPC Client**, viz Obr. 8.



Obr. 8 Vytvoření spojení na OPC

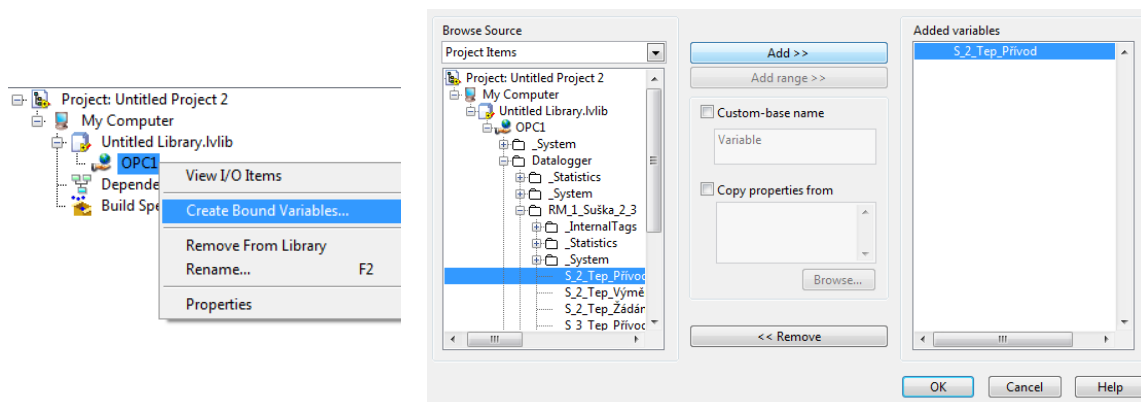
V dalším kroku je nutné vybrat OPC server z řady již nainstalovaných na PC a nastavit vzorkovací periodu, s kterou se budou oživovat data LabVIEW aplikací z OPC serveru. Poté se v projektu vytvoří knihovna s právě nastaveným OPC serverem, viz Obr. 9.



Obr. 9 Volba OPC serveru

2.2.2 Výběr proměnných

Ve vytvořené knihovně OPC serveru je potřeba vybrat všechny proměnné, se kterými budou LabVIEW aplikace pracovat. Kliknutím pravým tlačítkem myši na **OPC1** vybereme volbu: **Create Bound Variables...** V následném okně, v levé části, vybereme jednu nebo více proměnných a tlačítkem **Add** přesuneme do knihovny a tyto proměnné se zobrazí v pravé části okna. Po dokončení výběru se stisknutím tlačítka **OK** proměnné automaticky uloží do knihovny, viz Obr. 10.



Obr. 10 Výběr proměnných z OPC serveru.

2.2.3 Import proměnných ze souboru

Protože výběr všech 928 digitálních proměnných by byl značně zdlouhavý, je výhodné opět použít vytvořenou aplikaci zmíněnou v části: **2.1.4 Import proměnných ze souboru**. Import se provede pravým kliknutím myši na knihovně v projektu LabVIEW, výběrem volby: **Import Variables...** a následně výběrem textového souboru s proměnnými.

2.3 Test spojení mezi PLC a LabVIEW

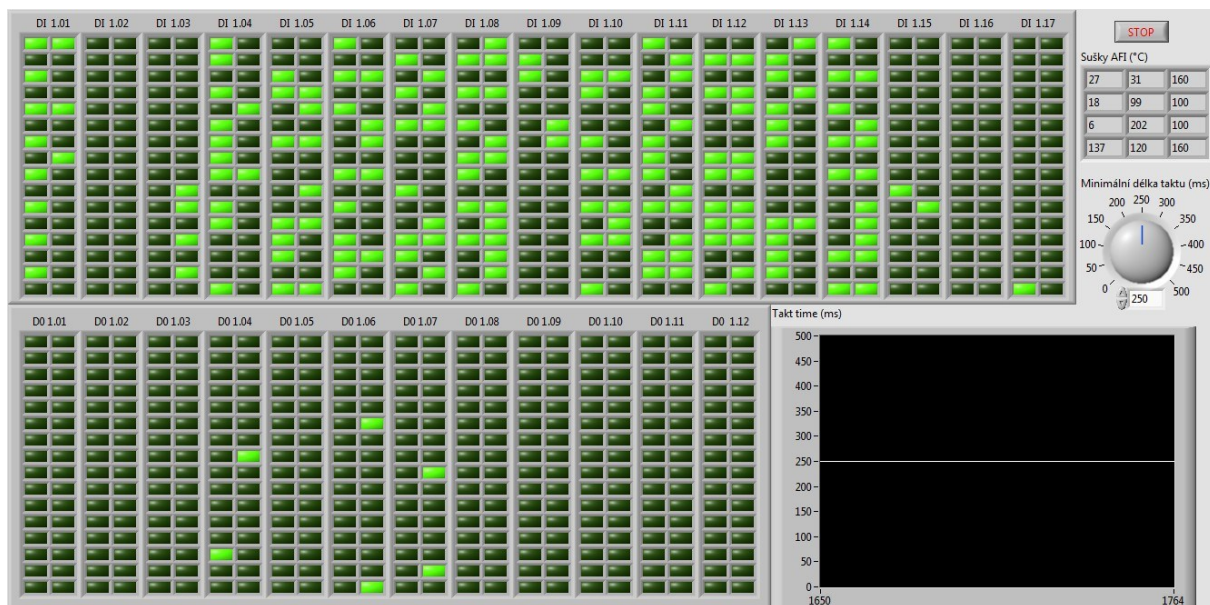
Vytvářená aplikace „Záznamník“, bude zaznamenávat ze 4 PLC celkem 940 proměnných těchto typů:

928 proměnných typu bool (digitální vstupy a výstupy)

12 proměnných typu integer 16 Bit (teploty sušících pecí)

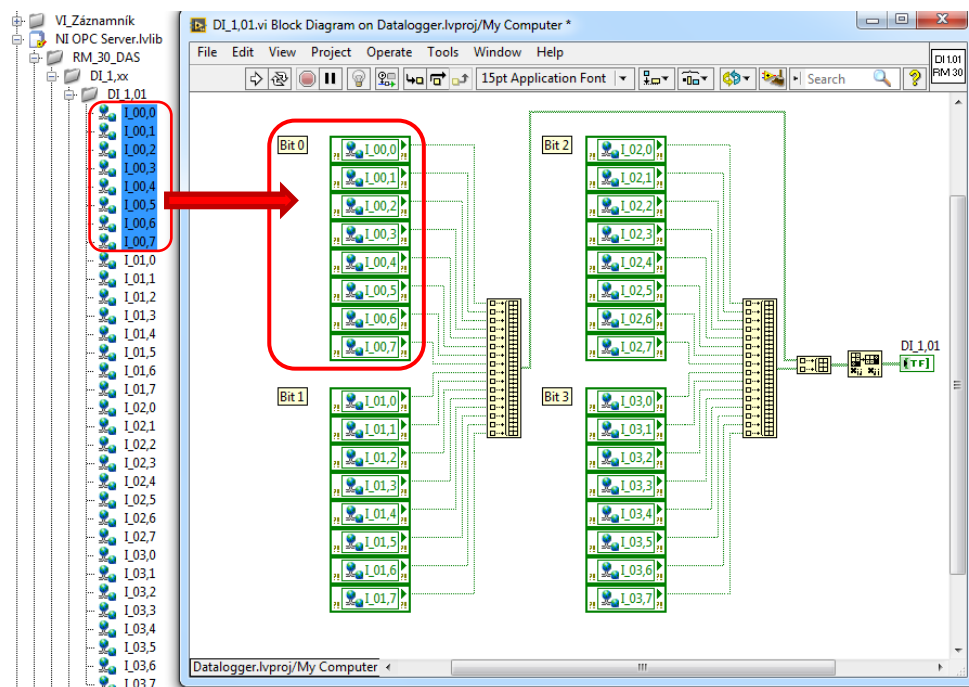
V LabVIEW se pracuje s proměnnými z OPC jako se sdílenými proměnnými. Implementace do blokového diagramu se provádí přetažením z knihovny, viz Obr. 12.

Komunikace byla ověřena pomocí aplikace „Test spojení“, která zobrazuje on-line na jedné obrazovce všech 940 hodnot, viz Obr. 11. Na vizualizaci je symbolicky zobrazeno 17 vstupních, 12 výstupních digitálních karet PLC a tabulka se všemi 12 snímanými teplotami. Tato aplikace slouží pouze k ověření spojení, proto je použita jednoduchá grafika a velice stručný popis jednotlivých signálů. V aplikaci je možné volit minimální vzorkovací periodu, ale v grafu se vykresluje skutečná vzorkovací perioda. Je důležité si uvědomit, že toto nastavení je pro vzorkování mezi OPC a LabVIEW. Vzorkovací perioda pro PLC a OPC se nastavuje v OPC serveru.



Obr. 11 Aplikace „Test spojení“ pro ověření komunikace

Samotná aplikace je tvořena 30 SubVI (podprogramy), v kterých jsou formou sdílených proměnných (Shared Variable) vyčítány proměnné z OPC serveru, viz Obr. 12. 29 SubVI vždy vyčte 32 proměnnými typu boolean a jedno SubVI vyčte 12 proměnnými typu integer 16.



Obr. 12 Knihovna sdílených proměnných a blokový diagram SubVI s 32 signály typu bool

Aplikaci „Test spojení“ bylo ověřeno, že komunikace mezi PLC a PC (potažmo LabVIEW), je v pořádku a všechna nastavení byla provedena správně.

3 Návrh koncepce záznamníku a prohlížečky

3.1 Požadavky na aplikace

Při návrhu aplikací byl kladen důraz na přehlednost, jednoduchost a intuitivní ovládání. Protože je aplikace primárně určena pro všechny pracovníky údržby, byla snaha minimalizovat veškeré nastavování v aplikacích, aby nemohlo dojít k nechtěnému přenastavení.

Požadavky pro záznamník:

- záznam všech 940 signálů
- ukládání do souboru s archivací 7 dnů
- on-line zobrazení posledních 30 minut záznamu
- výběr zobrazených 8 analogových a 8 digitálních signálů v on-line režimu
- přehledný popis signálů s možností redukce seznamu při výběru (na požadovanou část linky)
- zobrazení vybraných signálů v grafu pro snadnou analýzu s časem a datem záznamu
- možnost změření délky trvání signálů
- vhodně zvolit vzorkovací frekvenci

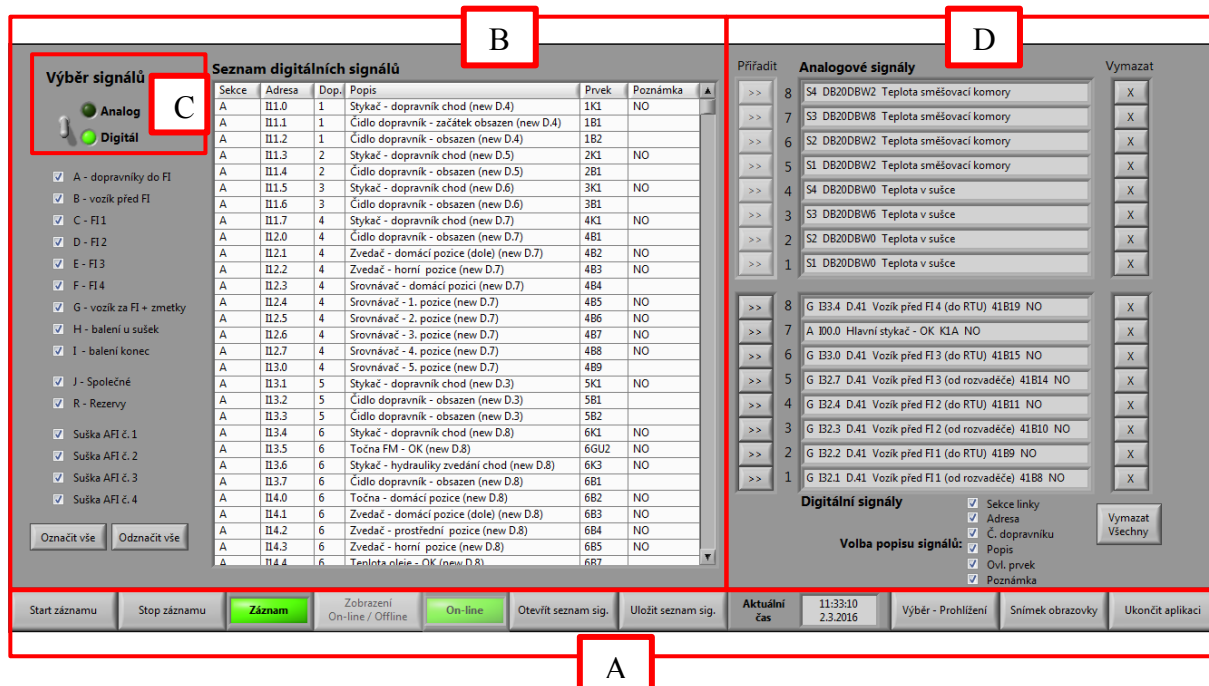
Požadavky pro prohlížečku:

- prohlížení záznamu ze souboru
- výběr 8 analogových a 8 digitálních signálů pro zobrazení a analýzu
- přehledný popis signálů s možností redukce seznamu při výběru (na požadovanou část linky)
- zobrazení vybraných signálů v grafu pro snadnou analýzu s časem a datem záznamu
- možnost změření délky trvání signálu

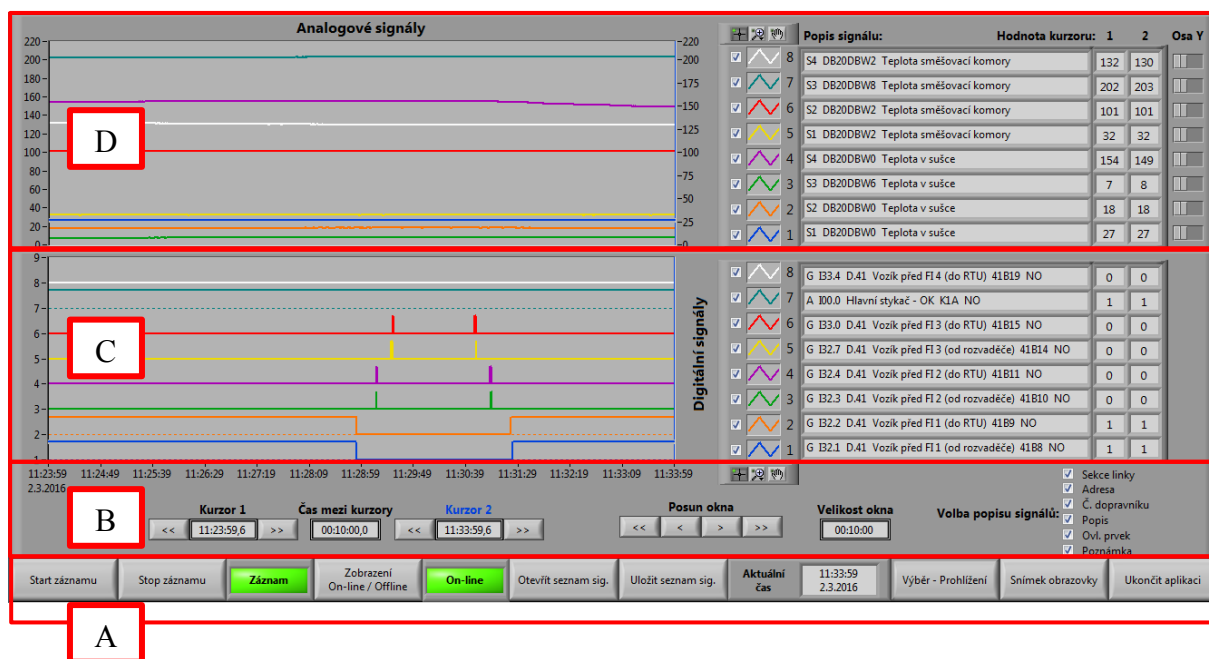
Protože požadavky vizualizace na obě aplikace se v mnoha bodech shodují, budou obě aplikace podobné a rozdíl bude pouze v některých ovládacích částech. Tímto se zjednoduší obsluha obou aplikací, protože prostředí bude v mnoha oblastech úplně stejné. Další výhodou bude, že při samotné tvorbě aplikací bude možné vzájemně kopírovat některé její části.

3.2 Aplikace „Záznamník“

Aplikace „Záznamník“ slouží pro záznam a uložení signálů z transportní linky do souboru. Součástí je i jednoduchá on-line vizualizace. Základ aplikace tvoří dvě přepínatelná okna pro definování množiny signálů, viz *Obr. 13* a on-line vizualizaci, viz *Obr. 14*. Ovládací část je pro obě okna společná (*Obr. 13* – část A a *Obr. 14* – část A) a lze z ní kdykoliv spustit nebo zastavit záznam.



Obr. 13 Aplikace „Záznamník“, okno definice množiny signálů

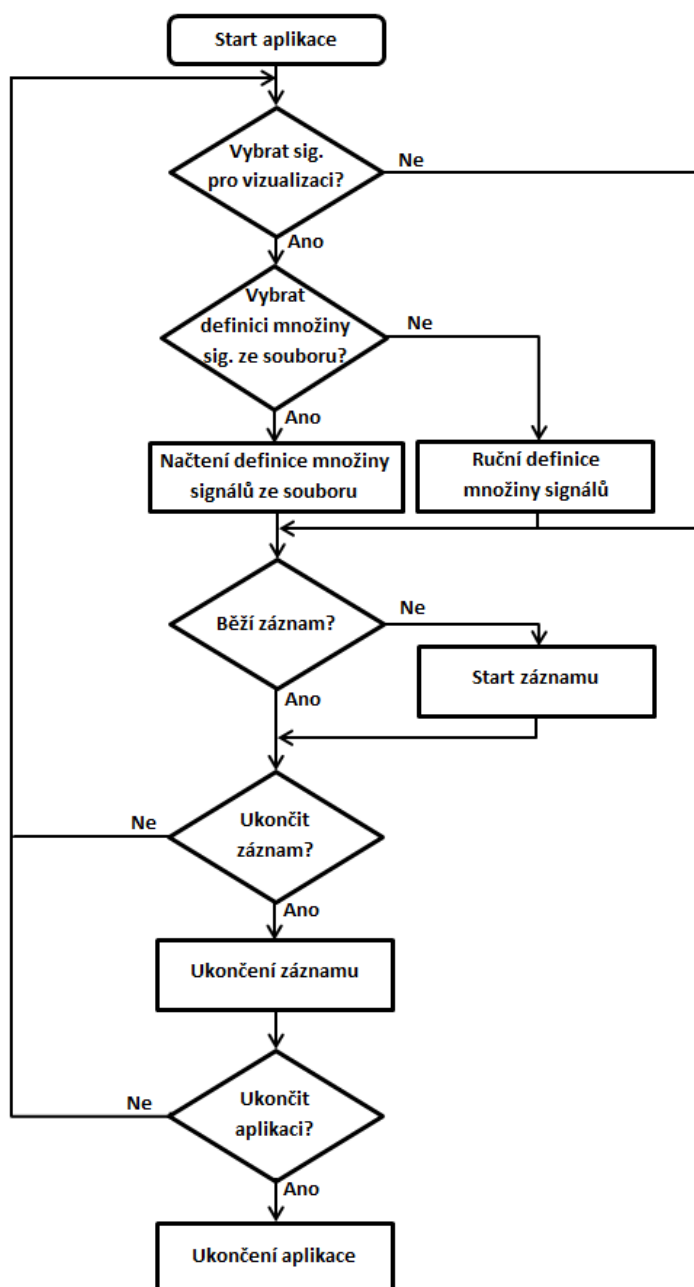


Obr. 14 Aplikace „Záznamník“, okno on-line vizualizace

Po spuštění aplikace pro záznam se zobrazí okno pro výběr signálů, viz *Obr. 13*. V části B probíhá výběr signálů pro on-line vizualizaci z tabulky všech analogových a digitálních signálů. Volba typu signálů (analog/digitál) se provádí přepínačem v části C. Kliknutím na vybraný signál dojde k jeho zvýraznění a lze jej přiřadit do části D, kde se nacházejí dvě tabulky s 8 analogovými (nahore) a 8 digitálními signály (dole), které se zobrazí v okně on-line vizualizace. Podrobný popis ovládání okna je v kapitole: **3.2.2 Aplikace „Záznamník“ - okno definice množiny signálů**.

V okně on-line vizualizace, viz *Obr. 14*, se vykreslují průběhy analogových (část - D) a digitálních (část - C) signálů. Pod těmito grafy jsou tlačítka pro práci s vykreslenými signály (část - B). Podrobný popis je v kapitole: **3.2.3 Aplikace „Záznamník“ - okno on-line vizualizace**.

Průběh chodu aplikace je vykreslen ve vývojovém diagramu na: *Obr. 15*.



Obr. 15 Vývojový diagram aplikace „Záznamník“

3.2.1 Aplikace „Záznamník“ - společné prvky

Ovládací a zobrazovací prvky, viz Obr. 16 – část B, jsou viditelné po celou dobu běhu aplikace.



Obr. 16 Statická část záznamové aplikace (výřez z Obr. 13 – část A)

Tlačítka v části A slouží pro spuštění a zastavení záznamu signálu. Po spuštění záznamu vyskočí okno s dotazem na cestu k uložení záznamu. Zaznamenávají se vždy všechny signály snímané z výrobní linky. Vedle těchto tlačítek se nachází signalizace probíhajícího záznamu.

Tlačítko v části B je funkční pouze s oknem on-line vizualizace a slouží k přepnutí on-line a off-line režimu vizualizace. Momentální stav je signalizován opět indikátorem vedle tlačítka.

V části C se nacházejí dvě tlačítka pro otevření a uložení definice množiny signálů. Tato množina je tvořena výběrem 8 analogových a 8 digitálních signálů. Tato funkce je proto, aby při opakujících se požadavcích pro zobrazení stejných signálů nebylo nutné seznam signálů stále stejně sestavovat, ale aby jej bylo možné uložit a znovu otevřít. Vpravo od těchto tlačítek je zobrazen aktuální čas.

V části D jsou tři tlačítka: „Výběr – Prohlížení“, tímto tlačítkem se přepíná okno pro výběr signálů a on-line vizualizaci signálů při záznamu. Tlačítko: „Snímek obrazovky“ slouží k uložení aktuálního zobrazení aplikace ve formě obrázku. Tlačítko: „Ukončit aplikaci“, zavře aplikaci.

3.2.2 Aplikace „Záznamník“ - okno definice množiny signálů

Okno – definice množiny signálů slouží pro výběr 8 digitálních a 8 analogových signálů, viz Obr. 13. Přepínač v části C slouží pro přepínání analogových a digitálních seznamů signálů. Volba je signalizována u přepínače dvěma indikátory.

Pod přepínačem jsou zatržítka, kterými je možné redukovat zobrazovaný seznam na části linky, ve které je hledaný signál. Pod nimi se nacházejí dvě tlačítka pro zaškrtnutí všech nebo odznačení všech zatržitek, která zjednodušují a urychlují práci při výběru.

Největší část okna tvoří samotný seznam signálů. Popis signálu je složen ze šesti částí, které jsou popsány v hlavičkovém řádku seznamu.

Popis signálu:

- Sekce – část (oblast) linky
- Adresa – adresa daného signálu, podle které lze nalézt signál v dokumentaci
- Dop. – číslo válečkového dopravníku
- Popis – stručný popis signálu
- Prvek – např.: relé, stykač, snímač, frekvenční měnič
- Poznámka – např.: NC – použití rozpínacího kontaktu, číslo ventilu, číslo motoru

Jednotlivé části popisu signálu jsou zobrazeny v hlavičkovém řádku seznamu, viz *Obr. 17* a po kliknutí na kteroukoliv část dojde k abecednímu seřazení podle vybraného sloupce. Kliknutím na signál v seznamu (libovolnou část popisu) dojde ke zvýraznění celého řádku, aby bylo zřejmé, který signál je vybrán.

Seznam digitálních signálů						
Sekce	Adresa	Dop.	Popis	Prvek	Poznámka	
A	111.0	1	Stykač - dopravník chod (new D.4)	1K1	NO	
A	111.1	1	Čidlo dopravník - začátek obsazen (new D.4)	1B1		
A	111.2	1	Čidlo dopravník - obsazen (new D.4)	1B2		
A	111.3	2	Stykač - dopravník chod (new D.5)	2K1	NO	

Obr. 17 Hlavičkový řádek seznamu signálů (výřez z Obr. 13 – část B)

Takto vybraný signál lze přiřadit pomocí tlačítek „Přiřadit“ do daného řádku analogového či digitálního výběru. Pokud je zobrazen digitální seznam, lze přiřazovat signály pouze do digitálního výběru a tlačítka pro přiřazení do analogového výběru jsou nefunkční a zašedlá. Analogicky tento systém funguje při výběru analogových signálů. Na pravé části obou výběrů se nacházejí tlačítka pro vymazání signálu z výběru. Pravá část okna je koncipována tak, aby přiřazovací tlačítko, název zvoleného signálu a tlačítko pro vymazání byly v rovině, což je naznačeno na *Obr. 18*.

Přiřadit	Analogové signály			Vymazat
>>	8	S4 DB20DBW2	Teplota směšovací komory	X
>>	7	S3 DB20DBW8	Teplota směšovací komory	X
>>	6	S2 DB20DBW2	Teplota směšovací komory	X
>>	5	S1 DB20DBW2	Teplota směšovací komory	X
>>	4	S4 DB20DBW0	Teplota v sušce	X
>>	3	S3 DB20DBW6	Teplota v sušce	X
>>	2	S2 DB20DBW0	Teplota v sušce	X
>>	1	S1 DB20DBW0	Teplota v sušce	X

Obr. 18 Naznačení uspořádání částí pro výběr (výřez z Obr. 13 – část D)

Pod tabulkami s vybranými signály se nachází zatržítka, kterými lze vypnout každou část popisu signálu. Princip je demonstrován na *Obr. 19*. Tato funkce je zde implementována, aby zobrazení bylo maximálně přehledné a „nepotřebné“ části popisu se nezobrazovaly.

<div>1 A Q28.2 D.87 Dopravník chod - Stykač (new D.1) 87K1</div> <div> Digitální signály <input checked="" type="checkbox"/> Sekce linky <input checked="" type="checkbox"/> Adresa <input checked="" type="checkbox"/> Č. dopravníku Volba popisu signálů: <input checked="" type="checkbox"/> Popis <input checked="" type="checkbox"/> Ovl. prvek <input checked="" type="checkbox"/> Poznámka </div>	<div>1 D.87 Dopravník chod - Stykač (new D.1)</div> <div> Digitální signály <input type="checkbox"/> Sekce linky <input type="checkbox"/> Adresa <input checked="" type="checkbox"/> Č. dopravníku Volba popisu signálů: <input checked="" type="checkbox"/> Popis <input type="checkbox"/> Ovl. prvek <input type="checkbox"/> Poznámka </div>
---	--

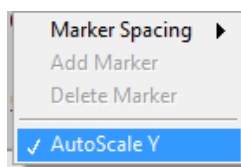
Obr. 19 Ukázka dvou možností popisu signálů (výřez z Obr. 13 – část D)

3.2.3 Aplikace „Záznamník“ - okno on-line vizualizace

V okně on-line vizualizace, viz *Obr. 14*, je možné současně prohlížet 8 analogových a 8 digitálních signálů. Spodní tlačítkový pás na *Obr. 14* – část A je stejný jako u okna s výběrem signálů, což již bylo rozebráno v kapitole: **3.2.1 Aplikace „Záznamník“ - společné prvky**.

Zbylá část vizualizačního okna na *Obr. 14* je koncipována tak, že v části D jsou zobrazovány analogové signály, v části C jsou zobrazeny digitální signály a ve spodní části B jsou umístěny funkční prvky pro ovládání aplikace.

Horní graf analogových signálů má levou a pravou osu Y, mezi kterými si můžeme volit, pro každý signál zvlášť, osmi přepínači na pravé straně označené „Osy Y“. Obě svislé osy mají přednastaveno automatické přizpůsobování rozsahu zobrazovaných hodnot. Pravým kliknutím na každé ose lze tento mód vypnout, viz *Obr. 20* a následně přepsat hodnotu osy na požadovanou hodnotu.



Obr. 20 Přepínání automatického rozsahu svislé osy

Na pravé části grafu je legenda, kde je možné vypnout vykreslení každého signálu do grafu pomocí zatržítka a barva daného signálu. Políčko s barvou signálu přesně navazuje na tabulku s popisem pro daný signál. Na pravé straně navazují hodnoty na obou kurzorech.

Zobrazení digitálních signálů je koncipováno podobně jako pro analogové signály. Graf má, ale pouze jednu svislou osu, na které jsou zobrazeny čísla signálů. Každý vykreslený signál je v rovině se svojí legendou a popisem v pravé části.

Oba grafy mají spřaženou časovou osu x, která je zobrazena pouze na spodním digitálním grafu. Přibližování (zoom) se provádí myší na digitálním grafu, ale protože časové osy obou grafů jsou společné, přiblížení se projeví i na analogovém grafu.

Kurzory obou grafů jsou rovněž spřaženy a lze jimi pohybovat pomocí tlačítek ve spodní části, kde je také zobrazován čas mezi kurzory, viz *Obr. 21*. V této části se rovněž nacházejí tlačítka pro posun okna vpravo a vlevo a to o 10% nebo 80%. Ovládání kurzoru a posun okna je možné pouze v off-line zobrazení. V on-line zobrazení jsou kurzory přichyceny k okraji grafu.



*Obr. 21 Ovládání kurzorů a posun zobrazovacího okna (výřez z *Obr. 14* – část B)*

Zobrazovaný popis signálu lze rovněž redukovat na požadované prvky pomocí zatržítka, jak bylo popsáno v kapitole: **3.2.2 Aplikace „Záznamník“ - okno definice množiny signálů**.

3.2.4 Volba vzorkování a velikost záznamu

Vzhledem k velkému množství nahrávaných signálů (940) byla zvolena vzorkovací perioda 0,5 s. K rozhodnutí takto relativně pomalému vzorkování také přispěla rychlost pohybu výrobků po lince.

Maximální rychlost pohybu výrobků, vzhledem k jejich hmotnosti okolo 100 kg, je cca 5 cm/s, rychlost zvedání a otáčení výrobku je vždy menší.

Ze znalosti problematiky transportní linky, skladby a typu poruch bylo rozhodnuto, že vzorkovací perioda 0,5 s bude dostatečná.

Každý ukládaný vzorek je tvořen vždy ze třech částí:

- Časové razítko
- 1D pole se záznamem digitálních signálů
- 1D pole se záznamem analogových signálů

Přesná specifikace proměnných v jednom vzorku i s jejich velikostmi a datovým typem je uvedena v *Tabulka 1*.

Tabulka 1 Struktura jednoho vzorku

	Časové razítko	Digitální signály (1D pole)		Analogové signály (1D pole)	
		Počet prvků pole	Prvky pole	Počet prvků pole	Prvky pole
Datový typ	DBL 64	I 32	29x U 32	I 32	12x U16
Velikost	8 B	4 B	116 B	4 B	24 B
Celková velikost	156 B				

S takto nastaveným vzorkováním a zmíněnou velikostí vzorku bude velikost nahrávaných dat následující:

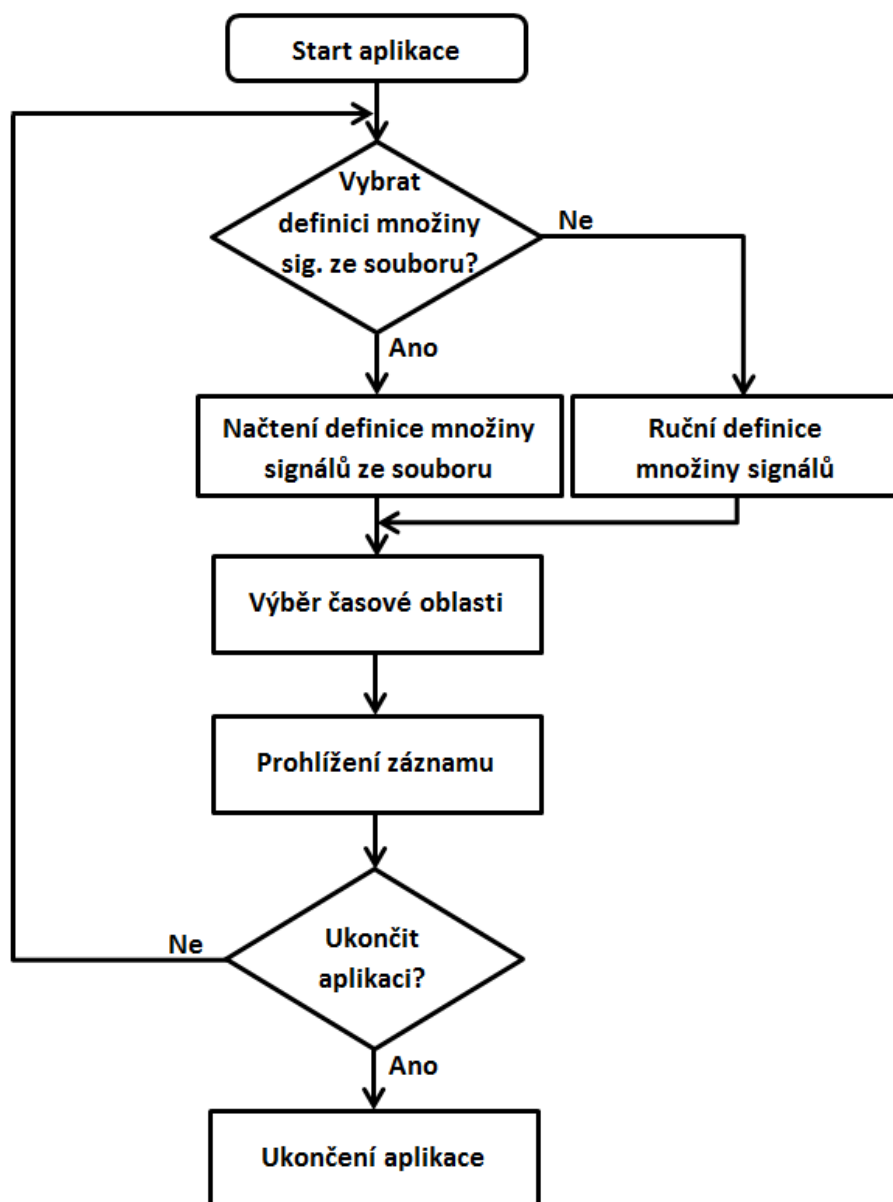
- 1 záznam 156 B
- 1 minuta záznamu 19 kB
- 1 hodina záznamu 1,1 MB
- 1 den záznamu 27 MB
- 1 týden záznamu 189 MB

Doba, jak dlouho je třeba archivovat záznamy, bude stanovena až z praktických zkušeností po nasazení aplikace do provozu. Předpoklad je, že týdenní archiv je dostatečný a poté se začnou data vždy postupně přepisovat.

3.3 Aplikace „Prohlížečka“

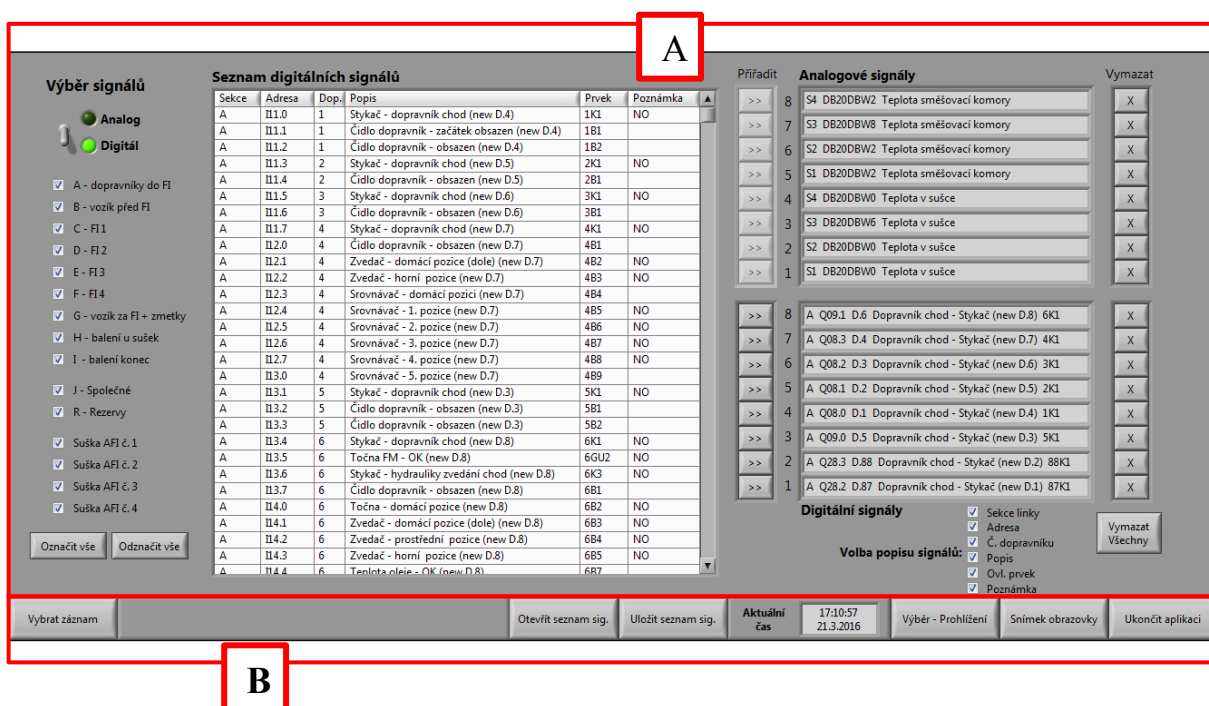
Tato aplikace slouží k prohlížení souboru se záznamem provozních stavů výrobní linky. Základ aplikace opět tvoří, jako u aplikace „Záznamník“, dvě střídavě se zobrazující okna pro definici množiny signálů a okno pro prohlížení signálů.

Průběh chodu aplikace je vykreslen na vývojovém digramu, viz Obr. 22.



Obr. 22 Vývojový diagram aplikace „Prohlížečka“

Po spuštění aplikace „Prohlížečka“ se zobrazí okno pro definici množiny signálů, viz *Obr. 23*. Okno je tvořeno dvěma částmi, část A slouží pro výběr signálů, které se budou zobrazovat v prohlížečce signálů a část B, která slouží pro ovládání aplikace. Část B je statická a je zobrazena jak při okně pro definici množiny signálů, tak i při prohlížení signálů. Prohlížeč aplikace se liší od záznamníku pouze částí B. Část A je pro obě aplikace, a to jak volba signálů i prohlížení, naprosto stejná. Tímto se značně zjednodušila práce při programování, protože lze použít již vytvořené bloky. Taktéž to má pozitivní vliv pro obsluhu aplikací, protože se nemusí učit ovládat dvě zcela odlišné aplikace.



Obr. 23 Aplikace „Prohlížečka“, okno definice množiny signálů

3.3.1 Aplikace „Prohlížečka“ - společné prvky

Tyto ovládací a zobrazovací prvky, viz *Obr. 24*, jsou viditelné po celou dobu běhu aplikace.



Obr. 24 Statická část aplikace „Záznamník“ (výřez z Obr. 23 – část B)

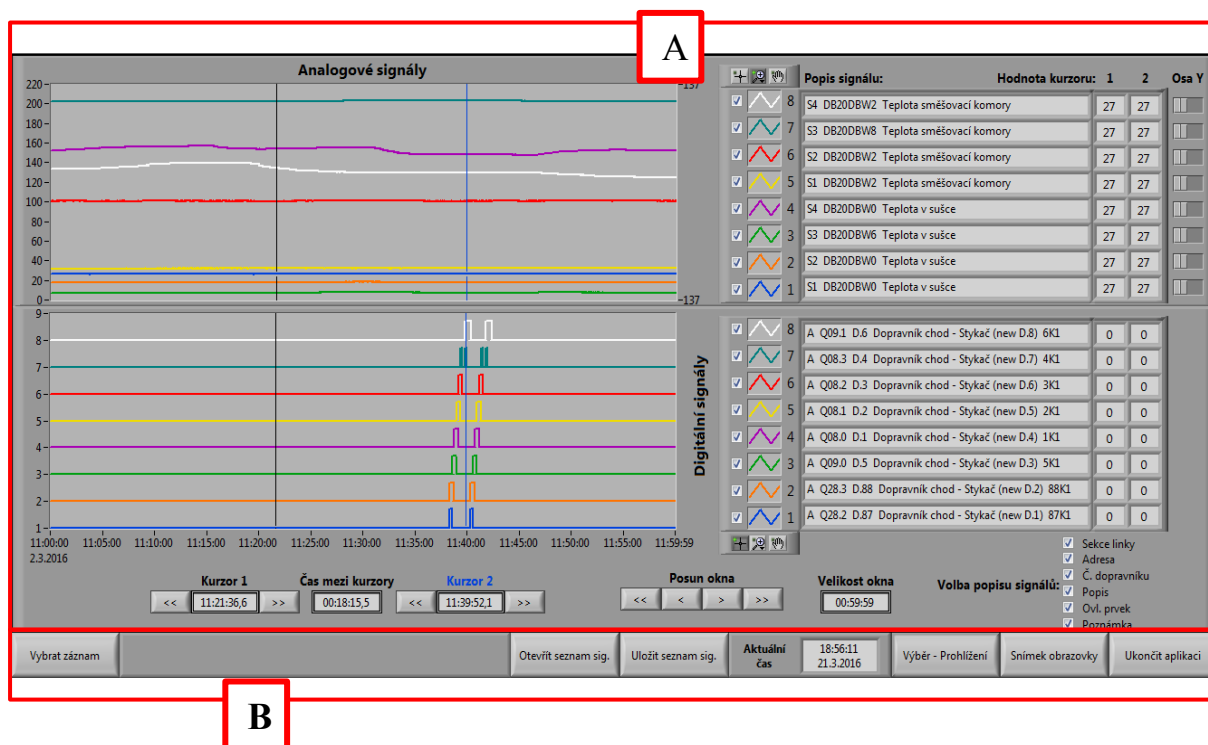
Tlačítko v části A slouží pro vyhledávání záznamu. Po zmáčknutí vyskočí okno pro výběr záznamu.

V části B se nacházejí dvě tlačítka pro otevření a uložení seznamu signálů. Tento seznam je tvořen výběrem 8 analogových a 8 digitálních signálů, viz *Obr. 23*. Tato funkce je proto, aby při opakujících se požadavcích pro zobrazení stejných signálů, nebylo nutné seznam signálů stále stejně sestavovat, ale aby je bylo možné uložit a znovu otevřít. Vpravo od těchto tlačítek je zobrazen aktuální čas.

V části D jsou tři tlačítka: „Výběr – Prohlížení“, tímto tlačítkem se přepíná okno pro výběr signálů a on-line prohlížení signálů při záznamu. Tlačítko: „Snímek obrazovky“, slouží k uložení aktuálního zobrazení aplikace ve formě obrázku. Tlačítko: „Ukončit aplikaci“, zavře aplikaci.

3.3.1 Aplikace „Prohlížečka“ - okno definice množiny signálů a okno prohlížení

Okno pro definici množiny signálů, viz *Obr. 23* – část A, je naprosto stejné jako v aplikaci pro záznam, a již bylo popsáno v kapitole: **3.2.2 Aplikace „Záznamník“ - okno definice množiny signálů**. Taktéž okno pro prohlížení, viz *Obr. 25* – část A, je skoro stejné jako v záznamníku a bylo popsáno v kapitole: **3.2.3 Aplikace „Záznamník“ - okno on-line vizualizace**. Rozdíl je pouze v tom, že pohybovat kurzory je možné po celou dobu prohlížení.

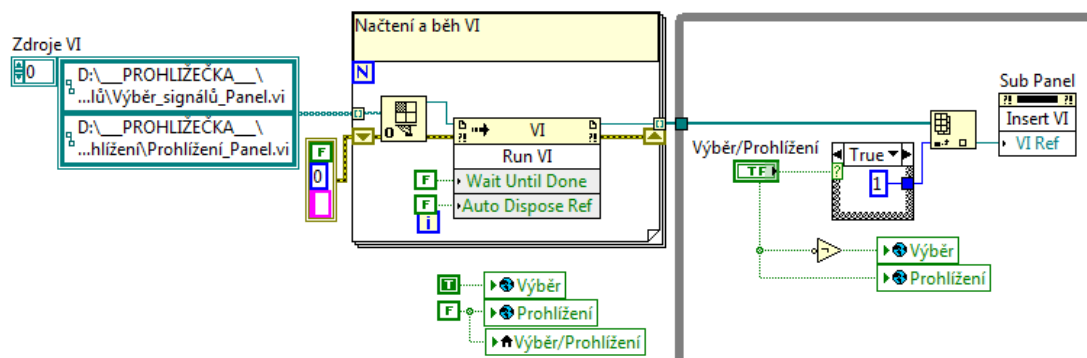


Obr. 25 Aplikace „Prohlížečka“, okno pro prohlížení signálů

4 Popis základních částí programu

Protože je program aplikací dosti rozsáhlý, jsou v této kapitole vysvětleny jen jeho nejdůležitější bloky.

Základ aplikace tvoří okno, které je tvořené jen pásem ovládacích a zobrazovacích prvků, tzv. statická část. Nad touto částí se střídavě zobrazují samostatné podprogramy pro výběr a zobrazení signálů, viz *Obr. 13 – část B* a *Obr. 14 – část B*. Po spuštění aplikace se tato okna načtou a podle stavu lokální proměnné (Výběr/Prohlížení) se zobrazí žádané okno. Inicializací při startu je vybráno vždy okno výběru, viz *Obr. 26*. [7]



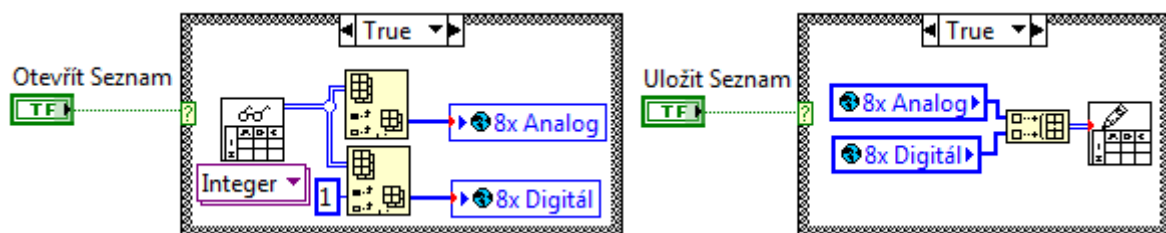
Obr. 26 Výřez programu pro řízení oken

4.1 Globální proměnné

Aby různé části aplikace (dále jen VI) mohly mezi sebou komunikovat, je k tomu použito globálních proměnných.

V globálních proměnných jsou dvě proměnné typu bool, které určují chod okna prohlížení a výběru. Protože jsou vždy puštěná obě okna, ale zobrazeno je jen jedno, je tato hodnota využita k tomu, aby okno, které není zobrazeno, běželo v úsporném režimu a nezatěžovalo zbytečně procesor.

Dalšími globálními proměnnými jsou dvě 1D pole o osmi prvcích. V těchto polích jsou uložena pořadová čísla vybraných analogových a digitálních signálů. Při spuštění aplikace jsou tato pole inicializována hodnotou 1000, což znamená žádný vybraný signál. Hodnoty těchto dvou polí lze načíst i uložit do textového souboru, viz *Obr. 27*, pomocí tlačítek na *Obr. 24 – část B*.

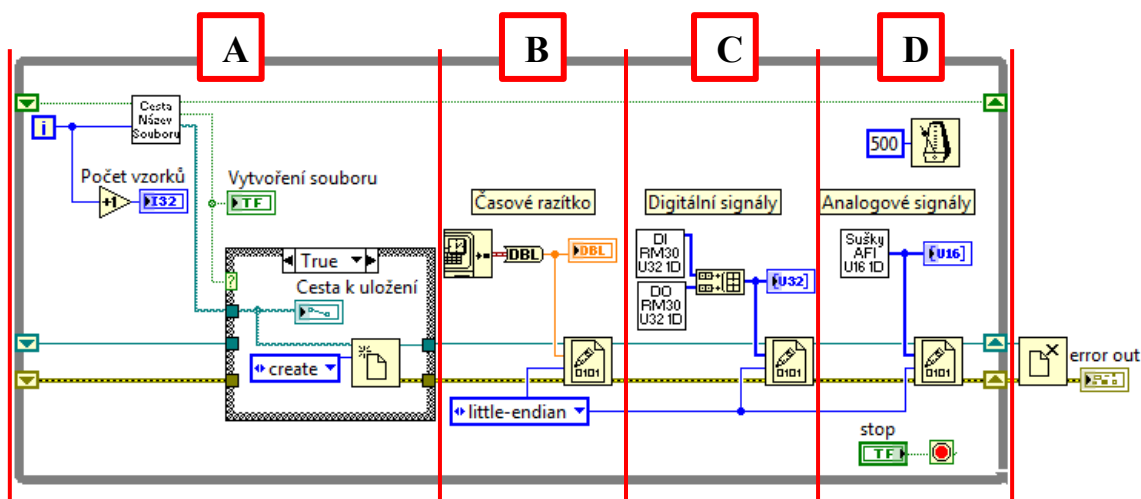


Obr. 27 Načtení a uložení globálních proměnných

4.2 Záznam a uložení do souboru

Záznam se provádí periodicky smyčkou „While“ se vzorkovací periodou 500 ms. Soubor je ukládán jako binární, aby bylo dosaženo minimální velikosti souboru. Samotné SubVI pro záznam provozních stavů a uložení do souboru lze pomyslně rozdělit na čtyři části, viz Obr. 28:

- A – Vytvoření souboru s vygenerovaným jménem
- B – Zápis časového razítka do souboru
- C – Zápis digitálních signálů do souboru
- D – Zápis analogových signálů do souboru



Obr. 28 Záznam signálů a uložení do souboru

4.2.1 Vytvoření souboru

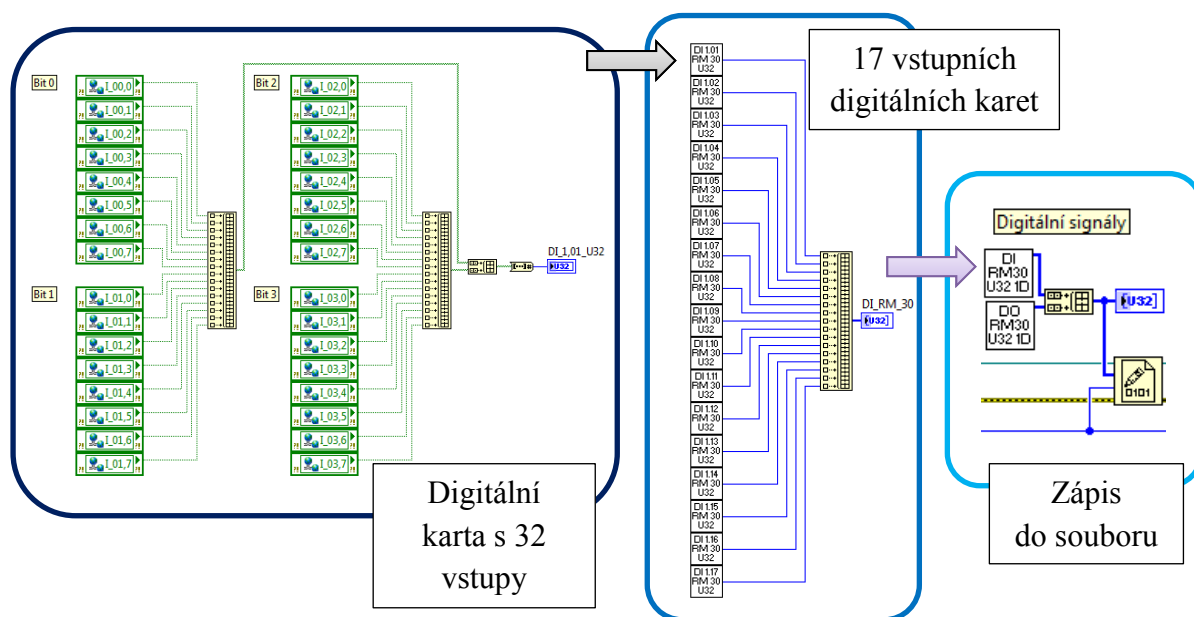
Na Obr. 28 – část A se provádí založení souboru se zvolenou cestou k uložení. Pro každý soubor je automaticky generován název pomocí SubVI. Název je tvořen vždy z data a času: rok-měsíc-den_hodina-minuta-sekunda, např.: 2016-02-03_10-31-02, dle data a času v momentě spuštění. Aby se snížilo riziko, že při poškození souboru ztratíme naměřená data, každou celou hodinu se vždy soubor uzavře a vytvoří nový.

4.2.2 Zápis časového razítka

Každý záznam vždy začíná časovým razítkem, jehož formát se před zápisem převede na číslo s plovoucí desetinnou čárkou o velikosti 64 bit, viz Obr. 28 – část B.

4.2.3 Zápis digitálních signálů

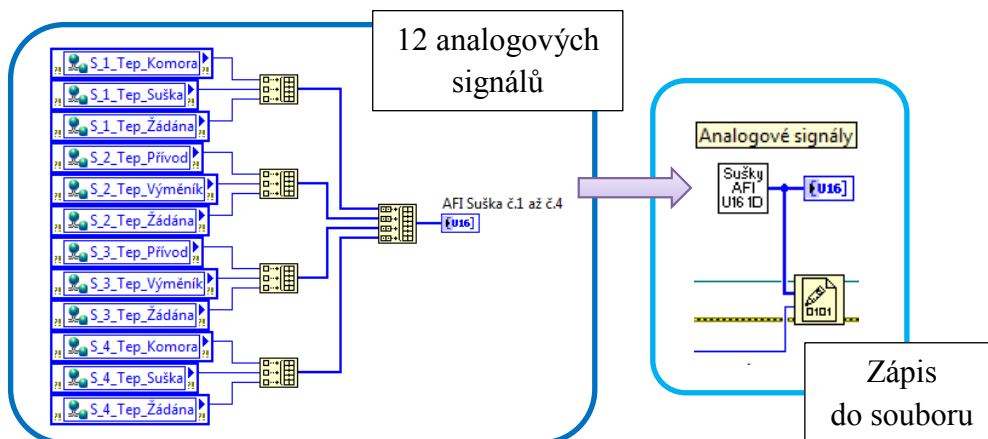
Digitální signály, viz Obr. 28 – část C jsou ukládány tak, že vždy 32 signálů je převedeno na číslo (neznaménkový integer U32). Snímané digitální karty PLC shodou okolností mají vždy 32 prvků, takže převod probíhá ve 29 SubVI, které mají vždy stejný název jako název karty PLC. Celkem je převedeno 928 digitálních signálů na 1D pole čísel (U32) s 29 prvky. Pro větší přehlednost jsou ještě signály během převodu rozděleny na vstupní a výstupní. Provedení převodu je naznačeno na Obr. 29.



Obr. 29 Ukládání digitálních signálů

4.2.4 Zápis analogových signálů

Analogové hodnoty jsou vyčteny z PLC ve formátu neznaménkového integeru (U16). Protože se jedná pouze o 12 signálů, je pro zápis použito jen jedno SubVI, jehož výstup tvoří pole čísel (U16) s 12 prvky, viz Obr. 30.



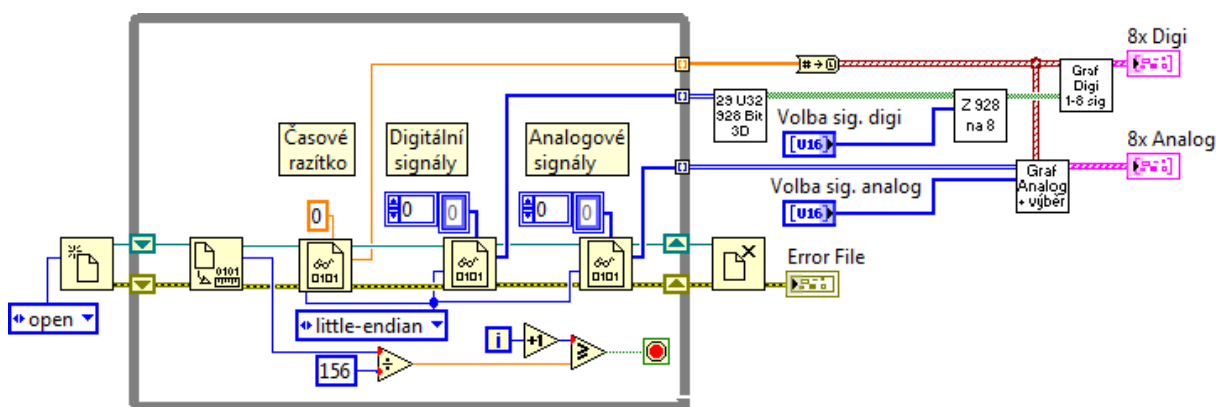
Obr. 30 Ukládání analogových signálů

4.3 Výčet průběhů signálů ze souboru a vykreslení do grafu

Výčet průběhů signálů ze souboru probíhá ve smyčce „While“ a to ve čtyřech částech:

1. **Změření délky souboru:** jeden vzorek signálů má 156 bitů, takže po vydělení délky signálu tímto číslem je zřejmé, kdy je třeba vyčítání vzorku ukončit
2. **Časové razítko:** výčtem časových razítek získáme 1D pole s časy záznamu jednotlivých vzorků
3. **Digitální signály:** výčtem digitálních signálů získáme 2D pole hodnot
4. **Analogové signály:** výčtem analogových signálů získáme opět 2D pole hodnot

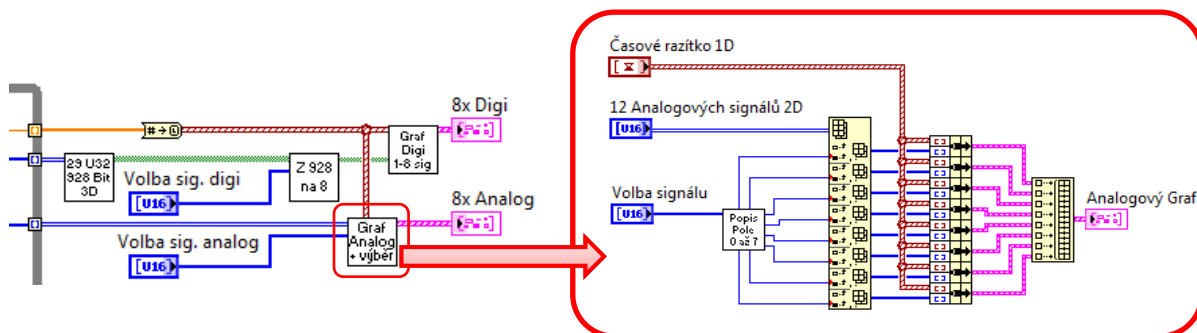
Za smyčkou „While“, viz Obr. 31, probíhá zobrazení vybraných signálů do dvou grafů.



Obr. 31 Výčet průběhů signálů ze souboru

4.3.1 Vykreslení analogových signálů do grafu

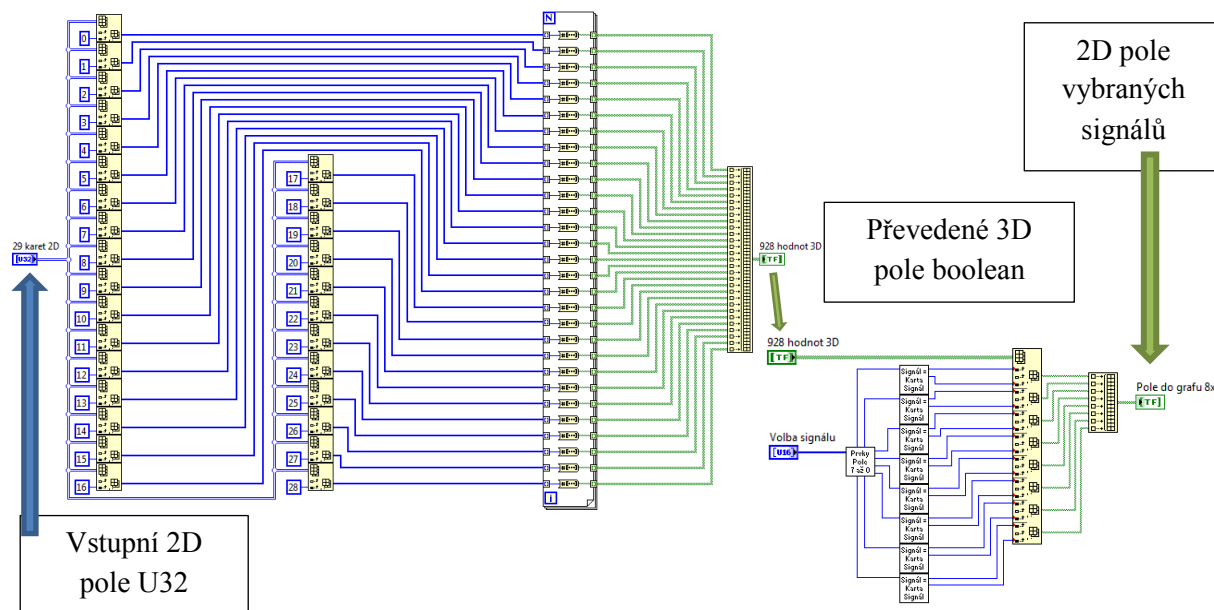
Vykreslení analogových průběhů do grafu je provedeno jedním SubVI, viz Obr. 32, které vybere maximálně 8 signálů podle zvolených – „volba signálů“ (globální proměnná) z 12 analogových signálů. Každý vybraný signál se spojí v „Bandlu“ s časovým razítkem a následně spojí v pole. Takto vytvořené pole se přivede do grafu typu XY, kde se vykreslí vybrané analogové signály.



Obr. 32 Vykreslení analogových průběhů

4.3.1 Vykreslení digitálních signálů do grafu

Při zpracování digitálních signálů se jako první provede zpětný převod čísel formátu U32 v 2D poli na hodnoty boolean. Převod probíhá tak, že nejprve se vstupní 2D pole rozdělí na 1D pole, která obsahuje data vždy z jedné snímané karty (32 digitálních signálů). Každé číslo tohoto výběru se postupně převede na 32 hodnot typu bool, čímž vzniká 2D pole. Spojením všech vzniklých polí je získáno 3D pole typu bool. Nyní je nutné vybrat 8 signálů, jejichž indexy získáme z pole: „volba signálu“ (globální proměnná). Tento proces je naznačen na Obr. 33.

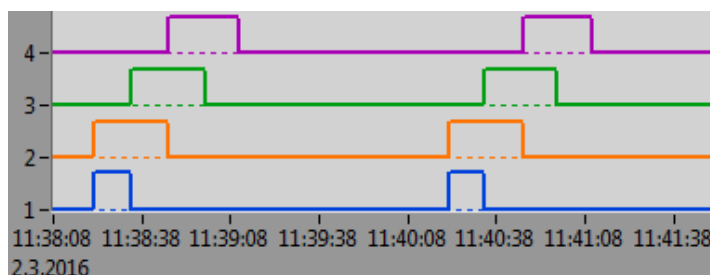


Obr. 33 Výběr hodnot pro 8 digitálních signálů

Vybrané 2D pole se vykresluje do grafu typu XY tímto způsobem:

- 1.signál: False = 1; True = 1,7
- 2.signál: False = 2; True = 2,7
- až
- 8.signál: False = 8; True = 8,7

Pro lepší orientaci v grafu má každý signál vyznačenou nulovou hodnotu čárkovanou čarou stejné barvy jako vykreslený signál, což je patrné ve výřezu z grafu na Obr. 34.



Obr. 34 Výřez grafu digitálních hodnot (z Obr. 25 – část B)

4.3.2 Zobrazovací grafy

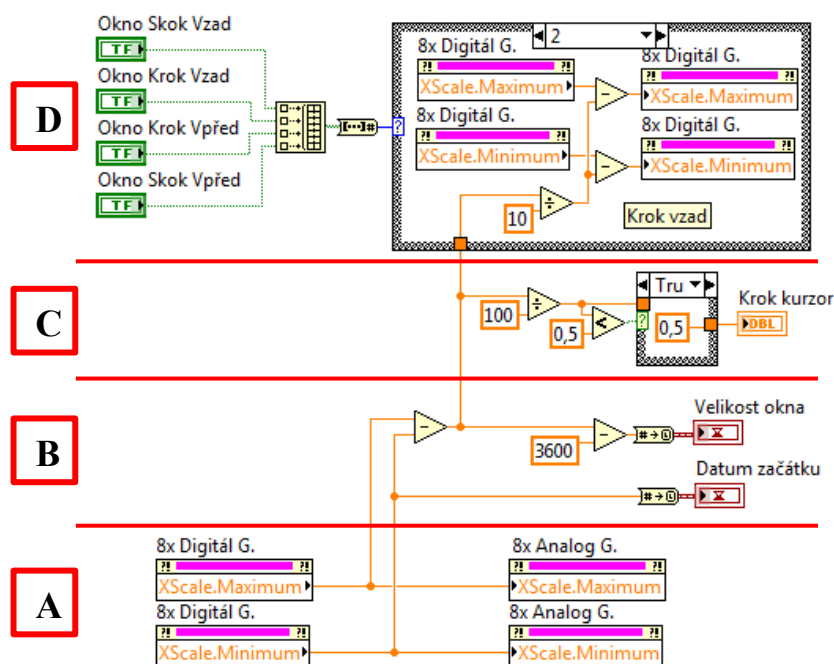
Grafy pro zobrazení analogových a digitálních signálů mají společně spřaženou časovou osu X, protože se vždy zobrazují hodnoty pro stejný časový interval. Tato funkce je zajištěna pomocí funkce Property Node, viz Obr. 35 – část A.

V části B je odečtením maximální hodnoty časové osy od minimální a následném převodu zobrazená velikost časového okna a taktéž je z počáteční hodnoty vyčten a na panelu zobrazen datum.

V části C je předpřipravena hodnota pro krok kurzoru a zamezeno, aby tato hodnota nebyla menší než 0,5, což je velikost vzorkovací periody v sekundách.

Část D pomocí tlačítek sdružených v poli posouvá zobrazeným oknem v grafech. Tato funkce se provádí pomocí smyčky „Case“, která má pět stavů, vyjádřené možnými výstupními hodnotami ze vstupního tlačítkového pole:

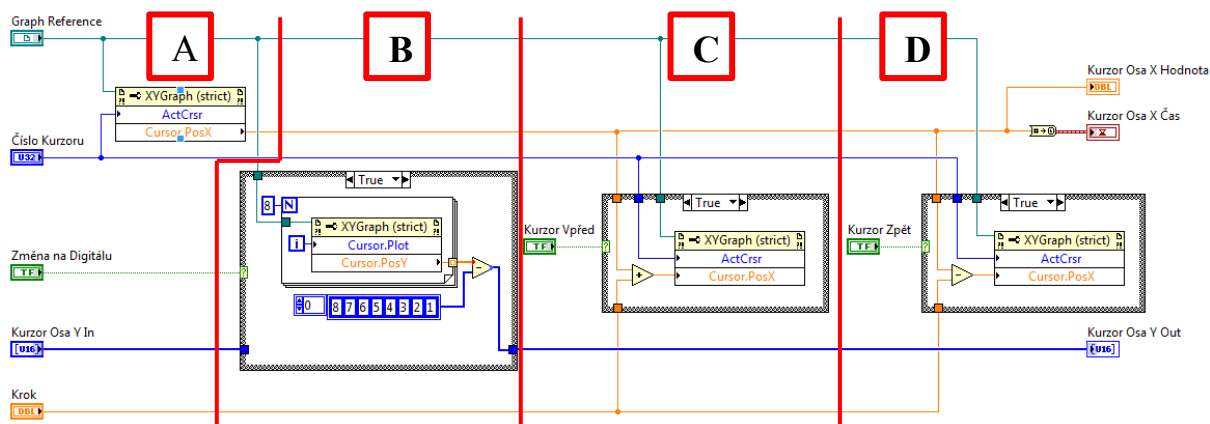
- 0 = žádné tlačítko není zmáčknuto – nic se neprovádí
- 1 = zmáčknutí tlačítka skok vzad – odečtení od max. i min. hodnoty osy X 80%
- 2 = zmáčknutí tlačítka krok vzad – odečtení od max. i min. hodnoty osy X 10%
- 4 = zmáčknutí tlačítka krok vpřed – přičtení k max. i min. hodnotě osy X 10%
- 8 = zmáčknutí tlačítka skok vpřed – přičtení k max. i min. hodnotě osy X 80%



Obr. 35 Práce s časovou osou obou grafů

4.3.3 Kurzory

Grafy obsahují dva kurzory, pro větší přehlednost je každý jiné barvy. Kurzory jsou v obou grafech spřaženy a ovládání tažením myši lze provádět z digitálního grafu pro oba grafy současně, což platí i pro ovládání tlačítky. Obsluhu kurzoru provádí dva SubVI: „Kurzor 1 Digitální“ a „Kurzor 2 Digitální“, viz Obr. 36. Oba podprogramy jsou stejné, ale využívají „Shift Registry“, což je využívání hodnoty z předešlého průběhu smyčky programu. [6]



Obr. 36 Podprogram pro obsluhu digitálního kurzoru

Do podprogramu, viz Obr. 36 – část A, vstupují reference grafu a číslo kurzoru, které je indexováno od nuly. Z těchto dvou vstupů je zjištěna aktuální pozice kurzoru na ose X, která je v části D poslána do „Shift Registry“ hlavní smyčky programu a také je po převodu zobrazena na hlavním panelu. Dalším vstupem je signalizace změny pozice kurzoru, což je zjišťováno porovnáváním aktuální hodnoty s hodnotou v posledním průběhu hlavní smyčky.

Pokud došlo ke změně polohy kurzoru, je potřeba aktualizovat zobrazované hodnoty na kurzorech, které vstupují do podprogramu jako 1D pole s osmi prvky (Kurzor Osa Y In) a v části B, dojde díky osmi průběhům smyčky „For“ k aktualizaci a zapsání do pole na výstupu (Kurzor Osa Y Out). Pokud nedošlo ke změně, jsou vstupní hodnoty pole přeposlány na výstupní.

Polohu kurzoru lze měnit i pomocí tlačítek o velikost vstupního kroku, jehož generování bylo popsáno v předchozí kapitole. V části C probíhá změna kurzoru vpřed a to přičtením velikosti kroku k původní hodnotě. Analogicky probíhá změna v části D, kde po zmáčknutí tlačítka je tato hodnota zmenšena o velikost kroku.

Po posunu kurzoru tlačítky, bude v dalším průběhu hlavní smyčky zaznamenána změna a v části B dojde k přepsání hodnot snímaných signálů, jak již bylo popsáno.

Analogové kurzory jsou obsluhované svými podprogramy a pouze přebírají polohy na ose X od digitálních kurzorů a při změně polohy jsou přepsány hodnoty signálů osmi průběhy smyčky „For“ analogicky, jak zde již bylo popisováno v části B.

4.4 Definice množiny signálů pro zobrazení a jejich popis

Pro zobrazení lze vybrat maximálně 8 analogových a 8 digitálních signálů. Výběr těchto signálů je ukládán do dvou samostatných polí (jedno pro analogové a jedno pro digitální signály) s osmi prvky. Samotný výběr představuje pořadové číslo prvku, které je uvedeno v sedmém sloupci popisu signálu. Tento popis je nahráváný ze dvou textových souborů zvlášť pro analogové signály a zvlášť pro digitální signály.

4.4.1 Zápis signálů do tabulky pro výběr

Samotný výběr signálů se provádí zvlášť pro analogové a zvlášť pro digitální signály, ale princip a použité SubVI jsou pro oba výběry naprosto shodné. Po spuštění aplikace se do tabulky seznamů signálů načtou popisy z textového souboru ve formě 2D pole. Tato tabulka má formát multicolumn list (dále jen MCL), která má tu vlastnost, že po kliknutí na kterýkoliv řádek vrátí číslo řádku a dojde k jeho podbarvení.

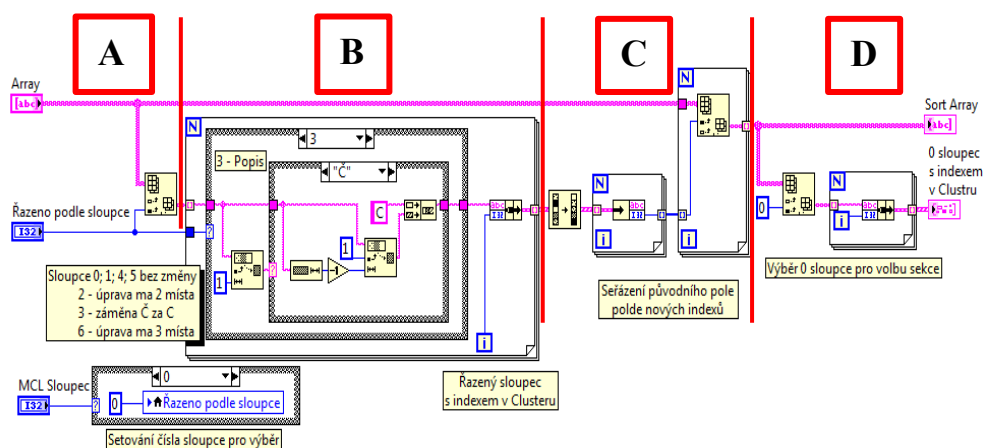
Další vlastností MCL je, že po kliknutí na hlavičkový řádek dostaneme číslo daného sloupce. Této vlastnosti je využito k tomu, aby se zobrazený seznam seřadil abecedně podle zvoleného sloupce. Tato funkce je naprogramována v SubVI: „Array Sort“, jehož funkci lze rozdělit na čtyři části, viz Obr. 37.

V části A je pomocí lokální proměnné vybrán sloupec, podle kterého bude provedeno řazení. Lokální proměnné je použito proto, že MCL vrací číslo sloupce jenom po dobu kliknutí na daném sloupci hlavičkového řádku, jinak vrací hodnotu: -2. [6], [7]

V části B dochází k úpravě textu podle daného sloupce, aby abecední řazení bylo správné, např.: ve druhém sloupci jsou všechna čísla doplněna nulami na dvě místa, ve třetím sloupci je změněno písmeno Č za C. Dále je v této části ještě přidáno ke každému prvku pořadové číslo v poli pomocí indexu smyčky „For“.

V části C probíhá samotné abecední řazení textu vybraného sloupce a současně dochází k přeskládání pořadových čísel. Dalším krokem této části je vybrání pole pouze přidávaných pořadových čísel, které jsou nyní seřazeny v žádaném pořadí. Posledním krokem této části je seřazení celého 2D pole s popisem signálů podle získaných pořadových čísel, čímž je abecední seřazení kompletního textového pole dokončeno.

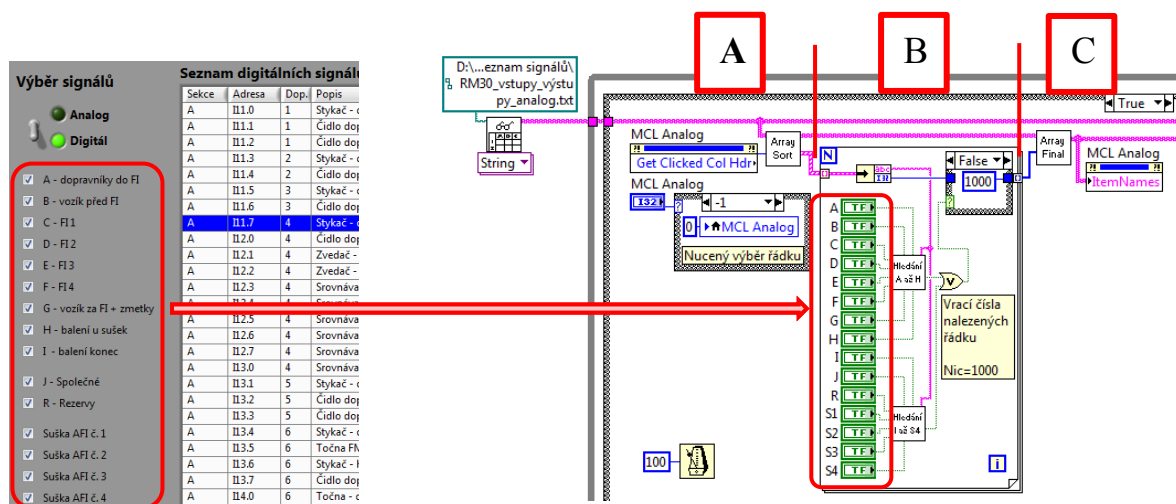
V části D pouze probíhá příprava k dalšímu kroku, vybrání prvního sloupce, což je sekce (část linky) a ke každému prvku je opět přidáné pomyslné pořadové číslo v poli.



Obr. 37 SubVI „Array Sort“

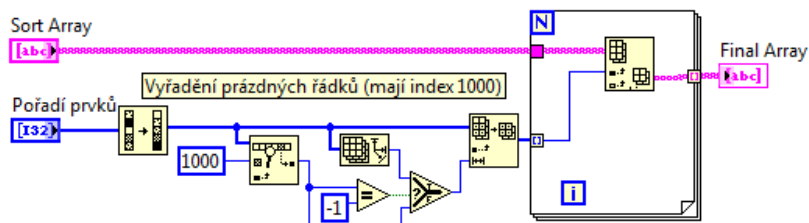
Po zpracování v SubVI „Array Sort“, Obr. 38 – část A, přichází předpřipravený první sloupec s pomyslně přidanými pořadovými čísly do smyčky „For“, Obr. 38 - část B. V této smyčce dojde k prohlédnutí prvního sloupce podle kritérií nastavenými zatřítiky, které jsou zvýrazněny na Obr. 38.

Pokud je prohlížený prvek v navoleném výběru, je do výstupního pole smyčky zapsáno jeho pořadové číslo, pokud se ve výběru nenachází, je do výstupního pole zapsána hodnota 1000. Tato hodnota byla vybrána proto, že počet signálů je vždy nižší než 1000 a tato položka je tedy vždy prázdná.[8]



Obr. 38 Výřez z aplikace a zdrojového kódu (výřez ovl. panelu z Obr. 13 – část B)

V části C, viz Obr. 38, dochází k samotné redukci seznamu signálů v SubVI: „Array Final“. Kód tohoto podprogramu je zobrazen na Obr. 39. Nejprve je pole s pořadí prvků seřazeno podle velikosti, cílem tohoto kroku je dostat všechny hodnoty 1000 (což jsou řádky seznamu, které se vyřazují) na konec pole. Následně je v tomto poli vyhledáno číslo prvního prvku jehož hodnota je 1000 a všechny prvky s touto hodnotou jsou z tohoto pole odstraněny. Pokud není nalezen žádný prvek s hodnotou 1000, nebude docházet k žádné redukci seznamu signálů. Ve smyčce „For“ na konci tohoto SubVI jsou ze vstupního pole „Sort Array“ odstraněny řádky se signály, které nemají být zobrazeny a výstupní pole je zapsáno do MCL zvolených signálů.

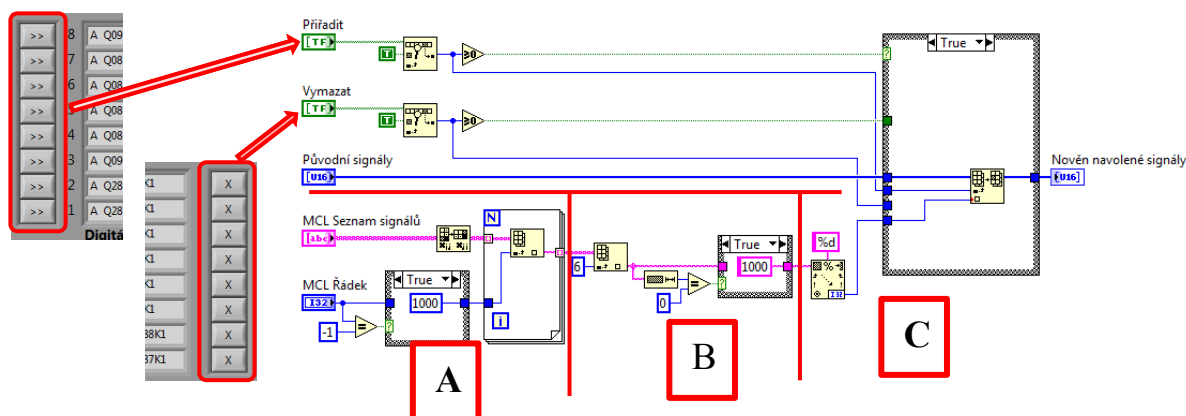


Obr. 39 SubVI „Array Final“

4.4.2 Výběr osmi signálů pro vykreslení průběhu

Výběr osmi analogových a osmi digitálních signálů je představován dvěma poli o osmi prvcích s pořadovým číslem signálů. Při spuštění aplikace je do všech prvků těchto polí nahrána hodnota 1000, což znamená žádný signál.

Zapisování do samotných polí představující vybrané signály provádí SubVI: „Zjištění čísla signálu“, viz Obr. 40. Zápis do polí s analogovým a digitálním výběrem je opět prováděn totožným podprogramem. [6]



Obr. 40 SubVI zjištění čísla signálu s výřezy panelu aplikace (výřezy z Obr. 13 – část D)

Podprogram ovládají dvě pole tlačítek, která jsou zvýrazněná na Obr. 40, po sepnutí kteréhokoliv tlačítka v poli je zjištěn jeho index a pro daný signál se provede přidání nebo vymazání. Pokud není zmáčknuté žádné tlačítko, neprovádí se žádná změna v polích se zvolenými signály a vstupní pole „původní signály“ je přeposláno na výstupní pole „Nově navolené signály“.

V části A tohoto podprogramu je načteno 2D textové pole s popisem signálů a označený řádek v MCL. Pokud není označený žádný řádek, MCL vrací hodnotu -1, což je ošetřeno změnou této hodnoty na 1000 (žádný signál). Následně je ve smyčce „For“ vybrán z textového pole označený řádek v MCL.

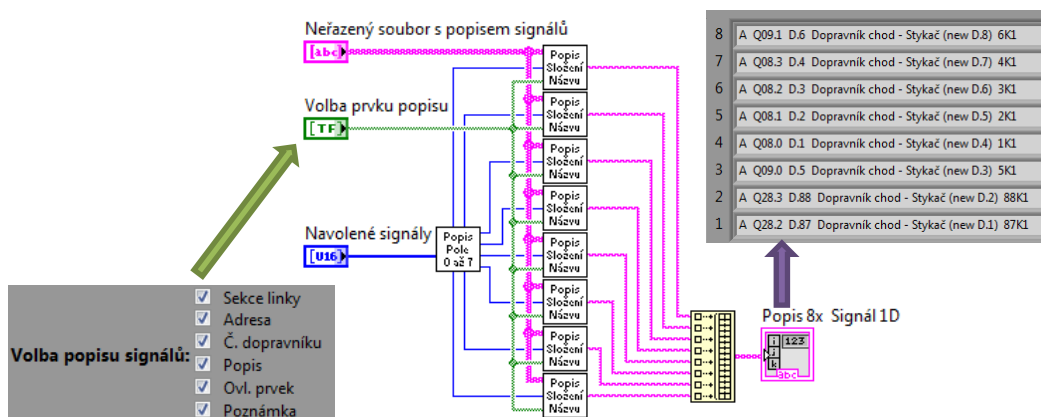
V části B je ze vstupního 1D textového pole vybrán sedmý prvek (indexováno je od nuly), kde se nachází pořadové číslo signálu. Provede se změření délky tohoto prvku a pokud je roven nule, což znamená, že je vybrán prázdný řádek, je provedena jeho změna na hodnotu 1000, což je žádný signál. Tato změna se provádí, protože v následující části programu bude probíhat změna textu na číslo integer, což nelze provádět s textem o velikosti nula znaků.

Do části C vstupuje pořadové číslo signálu nebo hodnota 1000 v textovém formátu, která se převede na číslo typu integer. Toto číslo řádku je přivedeno na smyčku „case“, kde je připraveno na provedení zápisu po zmáčknutí příslušného tlačítka přidat nebo vymaž. Na Obr. 40 je zachycen program při zmáčknutí tlačítka přidat a ve smyčce „case“ je v poli zvolených signálů změněn jeden prvek o stejném indexu, jak na zmáčknutém tlačítku a hodnota prvku je přečtena z výstupu již zmíněné části C.

Je potřeba zabezpečit, aby v textovém souboru popisující signály nenastala situace, že v sedmém sloupci, který určuje pořadové číslo signálu, byla pouze číselná hodnota. Pořadová čísla jsou indexována od nuly a odpovídají indexům řádku. Tento sedmý sloupec je po celou dobu běhu aplikace skrytý a je vytvořen pro potřebu tohoto podprogramu.

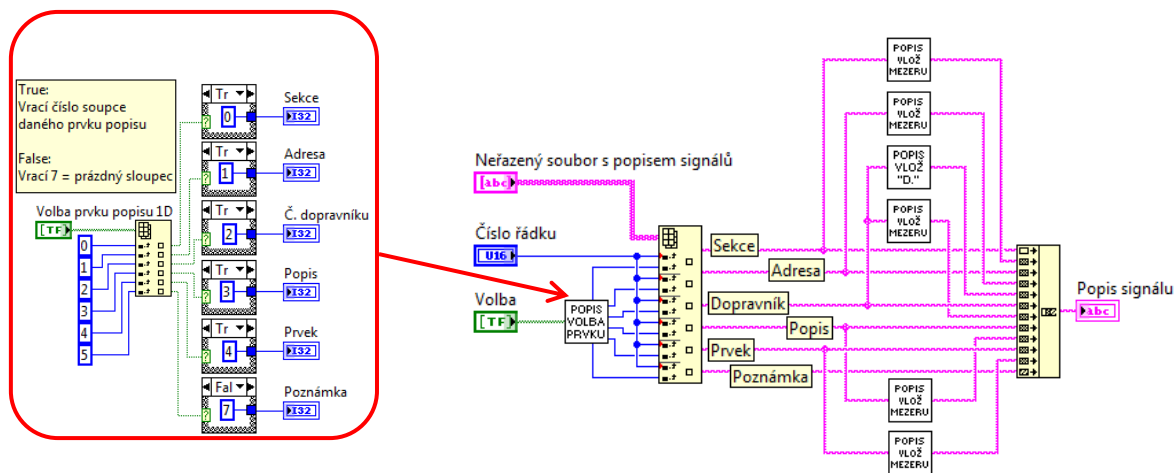
4.4.3 Zobrazení popisu vybraných signálů

Zobrazení popisu zvolených signálů v 1D textových polích provádí SubVI: „Popis 8x Signál“. Tento podprogram je rovněž použit dvakrát, jednou pro analogové a jednou pro digitální signály.



Obr. 41 Popis vybraných signálů (výřez ovl. panelů z Obr. 13 – část D)

Kód programu s výřezy ovládacího panelu je zobrazen na Obr. 41. Do tohoto podprogramu vstupuje pole zatržitek určující tvar výsledného popisu a výstupem je pole popisu signálu. Úlohou tohoto podprogramu je převod vstupního pole navolených signálů na čísla, která vstupují do dalšího vnořeného podprogramu, který složí výsledný popis, viz Obr. 42. [7],[8]



Obr. 42 Složení názvu signálu

Podprogram skládající název načte z textového souboru popis signálů, který je ve 2D poli. Z tohoto pole je vybrán řádek dle vstupu „Číslo řádku“. Podle dalšího vstupu „Volba“ (pole zatržitek určující tvar popisu signálu) jsou vybrány sloupce, které se zobrazí, což probíhá ve zvýrazněném podprogramu na Obr. 42. Pokud je položka sloupce požadována, vrátí se index sloupce, pokud nikoli, vrátí se index 7, který v textovém souboru není používán, a proto je prázdný. Následně se dalšími vnořenými podprogramy doplní mezery mezi jednotlivé prvky popisu a před číslo dopravniku se přidá: „D.“.

5 Nasazení a ověření funkčnosti

5.1 Praktická nasazení a ověření v praxi

Záznamník byl testován v praxi oddělením, které má na starost pokud možno bezporuchový chod transportní válečkové linky.

Již při prvních nasazeních se podařilo odhalit poruchu transportního vozíku, který z neznámého důvodu v automatickém režimu nepřevážel výrobky a nesignalizoval žádnou poruchu. Při kontrole čidel polohy v on-line vizualizaci bylo patrné, co je zdrojem poruchy. Vozík se nacházel na pozici „Vozík před FI1“, což signalizovala správně dvě čidla, viz *Obr. 43* – černé ohrazení. Ale rovněž byla signalizována pozice na vstupu I33.3, viz *Obr. 43* – červené ohrazení, což není fyzicky možné. Bližší kontrolou tohoto čidla bylo zjištěno, že se opravdu nachází stále v sepnutém stavu a muselo se přistoupit k jeho výměně, což tento poruchový stav vyřešilo.

<input checked="" type="checkbox"/>		8	I33.4 D.41 Vozík před FI 4 (do RTU) 41B19 NO	0	0
<input checked="" type="checkbox"/>		7	I33.3 D.41 Vozík před FI 4 (od rozvaděče) 41B18 NO	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>		6	I33.0 D.41 Vozík před FI 3 (do RTU) 41B15 NO	0	0
<input checked="" type="checkbox"/>		5	I32.7 D.41 Vozík před FI 3 (od rozvaděče) 41B14 NO	0	0
<input checked="" type="checkbox"/>		4	I32.4 D.41 Vozík před FI 2 (do RTU) 41B11 NO	0	0
<input checked="" type="checkbox"/>		3	I32.3 D.41 Vozík před FI 2 (od rozvaděče) 41B10 NO	0	0
<input checked="" type="checkbox"/>		2	I32.2 D.41 Vozík před FI 1 (do RTU) 41B9 NO	1	1
<input checked="" type="checkbox"/>		1	I32.1 D.41 Vozík před FI 1 (od rozvaděče) 41B8 NO	1	1

11:57:28 11:59:59 ☐ Sekce linky ☒ Adresa

Obr. 43 Výřez prohlížečky při poruchovém stavu

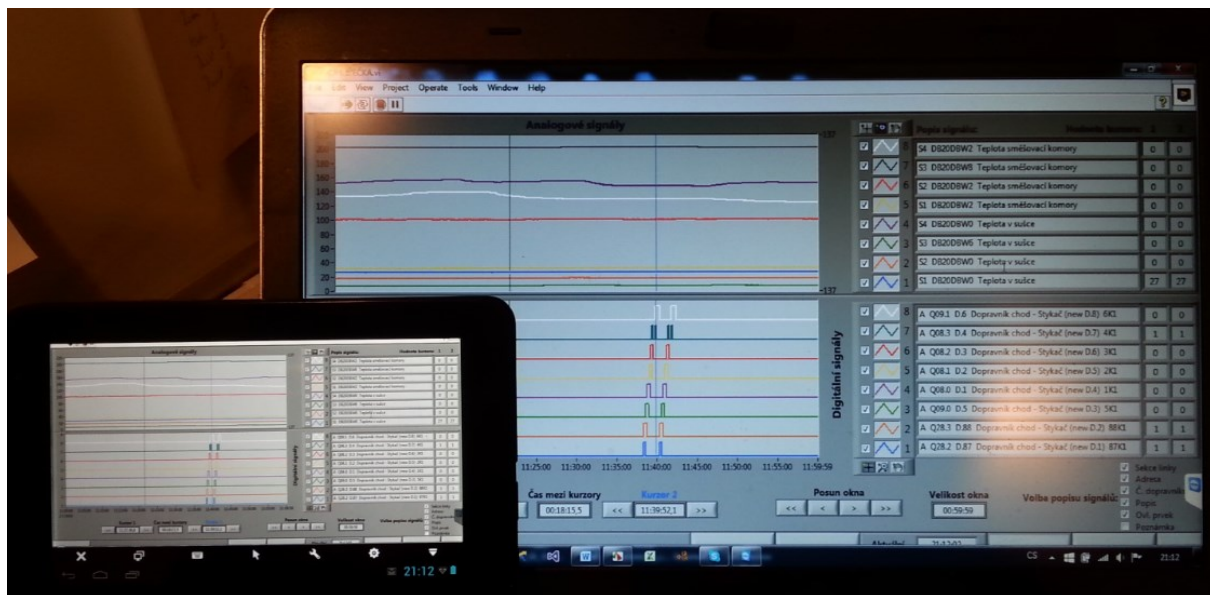
Je zřejmé, že se nejednalo o nijak závažnou poruchu, ale čas potřebný na její odhalení bez použití této prohlížečky by byl mnohem delší. Zvláště proto, že část čidla, která signalizuje jeho sepnutí, je schována pod krytem a bez jeho demontáže není viditelná. Další možností by bylo podle dokumentace zkontrolovat stavy čidel přímo na PLC, ale vzhledem k rozsáhlosti technické dokumentace a množství čidel, by to bylo také značně časově náročné.

Použití této aplikace tedy zjednodušilo práci a bez použití technické dokumentace bylo zjištěno vadné čidlo, jeho umístění na lince a číslo. Toto vedlo ke značnému zkrácení času odstávky linky způsobené touto poruchou.

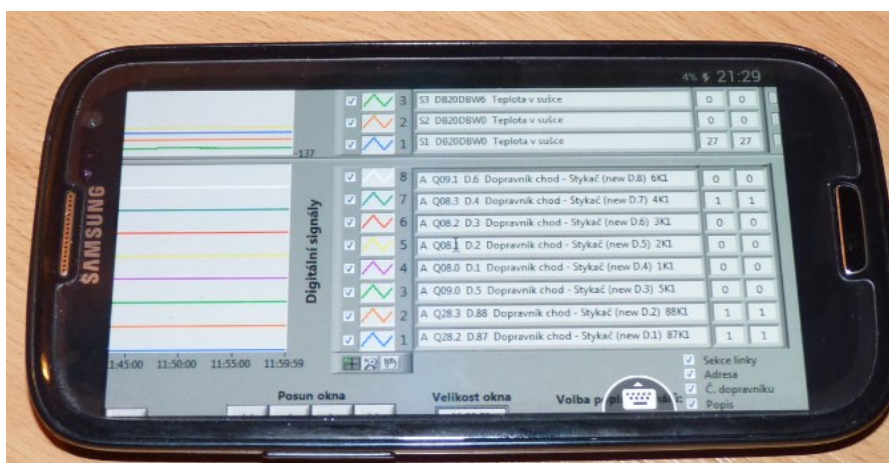
5.2 On-line vizualizace

Další velikou výhodou této aplikace je možnost on-line sledovat procesy probíhající na transportní lince. Zvláště pokud se použije program pro vzdálené ovládání PC, např.: TeamViewer a on-line vizualizaci lze sledovat na tabletu či mobilním telefonu a pohybovat se při této činnosti přímo v prostorách transportní linky.

Tuto výhodu údržba zvláště ocení, pokud je na směně pouze jeden údržbář, kdy je někdy prakticky téměř nemožné ověřit správnou funkci čidla a „doputování“ signálu do PLC.



Obr. 44 Současné zobrazení aplikace na PC a tabletu



Obr. 45 Zobrazení aplikace na mobilním telefonu s použitím přiblížení

Použití přenosných zařízení pro ovládání aplikace není ideální, ale po provedení potřebného nastavení na PC a přenosné zařízení použít už jen k zobrazení potřebných stavů, zvláště při použití přiblížení bude určitě přínosem, viz Obr. 45.

Závěr

Výsledkem této bakalářské práce jsou aplikace pro záznam a prohlížení provozních stavů transportní linky, vytvořené ve vývojovém prostředí LabVIEW. Při programování se mi potvrdily výhody grafického programovacího jazyka. Při tvorbě aplikací osobou technického zaměření s menšími zkušenostmi s klasickým textovým programováním, je toto prostředí skvělou volbou. Další velikou výhodou tohoto vývojového prostředí jsou rozsáhlé knihovny již vytvořených funkcí se širokým zaměřením.

Další částí této práce je popis samotného propojení transportní linky řízené PLC s PC za použití OPC. Detailně je popsáno nastavení samotného OPC serveru a jednoduchý způsob pro ověření správnosti komunikace. Pro zrychlení nastavení jsem vytvořil aplikaci generující textový soubor s nastavením přenášených proměnných pro OPC a LabVIEW.

Při tvorbě aplikací byl hlavně kladen důraz na to, aby aplikace pomohly pracovníkům údržby při vyhledávání zdroje poruchy a odlaďování ideálního chodu transportní linky. Podařilo se, že uživatelské prostředí aplikace „Záznamník“ a aplikace „Prohlížečka“ jsou velice podobné a není nutné se učit ovládat dvě zcela rozdílná prostředí. Vedlo to rovněž k urychlení práce při jejich tvorbě, protože použití některých částí programu se opakuje. Pro lepší pochopení funkčnosti jsou v práci uvedeny a detailně okomentovány nejdůležitější fragmenty vývojových diagramů.

Již při testování aplikací se projevil pozitivní přínos v oblasti vyhledávání zdroje poruch a byl odhalen reálný problém, který vedl k zastavení linky. Bez použití této aplikace by práce s nalezením zdroje poruchy byla komplikovanější a doba odstávky zařízení mnohem delší.

Odladováním popsaných aplikací jsem věnoval velkou péči a nepředpokládám zásadní problémy při jejich užívání. Až praktické používání ukáže další požadavky na nové funkce nebo úpravu stávajících. Aplikace jsou předurčeny pro další rozšiřování, zvláště vidím rezervy ve vytvoření dokonalejší vizualizace některých uzlů linky.

Tato práce mě velice obohatila zkušenostmi s grafickým způsobem programování a pochopením nastavení komunikace mezi PLC a PC. Ale jakožto pro údržbáře s dvacetiletou praxí je splněním snu, že jsem schopen zpětně sledovat, co se na porouchaném zařízení dělo v době vzniku poruchy a vidím ohromný potenciál při používání aplikací tohoto typu.

Seznam použité a studované literatury

- [1] VLACH, Jaroslav, Josef HAVLÍČEK a Martin VLACH. *Začínáme s LabVIEW*. 1. vyd. Ilustrace Viktorie Vlachová. Praha: BEN - technická literatura, 2008. ISBN 9788073002459.
- [2] Wittassek, T.: Virtuální instrumentace I., učební text, VŠB -TU Ostrava 2012.
- [3] Židek, J.: Grafické programování ve vývojovém prostředí LabVIEW, výuková skripta, VŠB-TU Ostrava 2012.
- [4] <https://opcfoundation.org/> [online]. [cit. 2016-03-09].
- [5] <http://www.foxon.cz/cs/blogs/80-co-je-opc-opc-server-opc-klient-.html> [online]. [cit. 2016-03-09].
- [6] BITTER, Rick, Taqi MOHIUDDIN a Matt NAWROCKI. *LabView advanced programming techniques*. 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press/Taylor & Francis Group, c2007. ISBN 9780849333255.
- [7] JOHNSON, Gary W. *LabVIEW graphical programming: practical applications in instrumentation and control*. New York: McGraw-Hill, c1994. McGraw-Hill series on visual technology. ISBN 0070326924.
- [8] TRAVIS, Jeffrey a Lisa K WELLS. *LabVIEW for everyone*. 2nd ed. /. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2002. ISBN 013065096X.

Přílohy

Elektronická příloha na CD:

LabVIEW projekt: Datalogger

Aplikace: **Generátor definice OPC tagů**

složka: VI_OPC_Export_Tagu

soubor: OPC_Export_Tagu.vi

Aplikace: **Test spojení**

složka: VI_Test_Spojení

soubor: VI_Test_928+12.vi

Aplikace: **Záznamník**

složka: VI_Záznamník

soubor: NAHRAVACKA.vi

LabVIEW projekt: Prohlížečka

Aplikace: **Prohlížečka**

složka: VI

soubor: PROHLÍŽEČKA.vi